

AI-Native Networks White Paper

— AIと通信の融合がもたらす未来 —



要旨

AI と通信の融合は、通信ネットワークそのものの役割と価値を変えようとしている。AI の通信ネットワークへの部分的な導入はすでに進行中であるが、その先にある「AI ネイティブネットワーク」——AI のライフサイクルと通信ネットワークのライフサイクルが融合し、人と AI が協調しながら、何をどこでどう判断するかを状況に応じて動的に構成できる構造へ——の移行は、技術の高度化ではなく、社会基盤そのものの変化を意味する。にもかかわらず、全体挙動を統合的に説明・検証する枠組みは、まだ発展途上にある。

この移行のもとで、社会基盤としての通信ネットワークを支えてきた三つの前提が揺らぎ始める。第一に、通信・計算・クラウド・電力の基盤の相互依存により、個別設備単位の投資判断では全体の妥当性を説明できない（設備投資の妥当性）。第二に、AI 制御が複数基盤にまたがるため、何を一体として評価・検証するか的前提自体が問い直されている（評価・検証の前提）。第三に、人と AI の役割分担が運用中に変化し得るため、制度上の責任分界を事前に確定できない（責任分界）。これらは将来の想定ではなく、現在の実装・運用の中で顕在化しつつある課題である。

本ホワイトペーパーは、この変化を可視化し、立場の異なる関係者が共通の前提のもとで議論するための土台を提示する。

三つの未定義性 — 変化の根源はどこにあるか

前述の三つの前提が変化する根源には、AI が通信ネットワークの制御判断に関与することで、判断の「位置」「根拠」「主体」が設計時に確定できなくなるという三つの未定義性がある（第 2 章）。

- 判断の位置と粒度 — どの制御を、どの場所で、どの粒度で実行するかが、実行時の状況に応じて動的に決まる。同じ制御判断でも、エッジ・クラウド・ネットワーク内のどこで実行されるかによって、遅延・精度・コストのバランスが変わる。
- 判断の根拠と証跡 — AI の判断根拠が複数レイヤーに分散し、追跡・説明が困難になる。「この制御はなぜ行われたのか」に、単一の主体では答えられない構造が生じる。
- 判断の主体 — 人間・ルール・AI の役割分担が運用中に変化し得るため、「誰が判断したのか」という問いへの答えが一意に定まらなくなる。責任の所在が構造的に曖昧になる。

これら三つの未定義性は相互に絡み合いながら、設備投資・評価検証・責任分界の各領域に同時に波及する。

AI×通信の社会基盤が直面する七つの問い

これらの前提の揺らぎは、現場では以下の七つの問いとして現れる。

- 設計：AI の判断範囲と人の関与をどこまで設計対象とするか
- 評価：AI が関与する制御の妥当性を何をもって良しとするか
- 責任：判断の結果に対する責任を誰がどこまで負うか
- コスト：AI 制御の導入・運用・検証の費用を誰がどう負担するか
- 信頼：AI の判断を現場・利用者・社会がどう信頼するか
- 将来：どの技術構造・制度枠組みが持続可能か
- 定義：そもそもこれは通信の問題か、AI の問題か、社会制度の問題か

従来の検証はなぜ届かないか

AI が制御判断に関与する環境では、従来の評価・検証が暗黙に置いてきた三つの前提——対象を切り出せる、条件を固定できる、因果を追跡できる——が成立しなくなる（第 3 章）。制御判断は状況依存的に生成され、同一条件を与えても同一の結果が再現されるとは限らない。加えて、AI ネイティブネットワーク固有のセキュリティ脅威（学習データ汚染、敵対的入力、モデル反転攻撃など）は、従来のネットワークセキュリティの枠組みでは想定されていない。単一事業者・単一技術に閉じた検証では、AI の判断の妥当性もその社会的影響も評価できない。

本ホワイトペーパーの提案 — 検証連携基盤

これらの問いに個別の主体がそれぞれ単独で答えることは難しい。本ホワイトペーパーでは「検証連携基盤」——異なる主体が共通条件のもとで技術を持ち寄り、比較・検証を繰り返し、評価指標・制度・標準化等を段階的に形成する枠組み——を提案する（第 4 章）。この基盤は、技術的妥当性の確認にとどまらない。判断の位置・根拠・主体という枠組みが共有されることで、新サービス導入時の検証項目を事前に設計でき、検証コストと試行錯誤の範囲を限定できる。基盤の設計にあたっては、通信事業者、AI 事業者、クラウド事業者、利用者、公的機関など、各主体が自らの条件・知見を持ち寄ることを前提とする。特定のプラットフォームに依存しない中立的な検証環境として構成される点が、既存の特定基盤とは本質的に異なる。

- **設計・実装の観点では** — 比較可能な条件下での検証環境が得られる。マルチベンダー環境での AI 相互運用性を実証し、制御判断の配置パターン（エッジ/クラウド/ネットワーク内）ごとの性能・コスト比較が可能になる。
- **投資・経営判断の観点では** — AI 制御の導入効果を段階的に実証できる。導入した場合としなかった場合の比較データが蓄積され、設備投資の妥当性を説明するための根拠が得られる。
- **制度・標準化の観点では** — 検証を通じて得られた知見が制度設計にフィードバックされる。EU では AI Act をはじめ検証枠組みの整備が先行しており、自ら検証の枠組みを設計し国際的に提案できるかは、ルール形成における日本の立場を左右し得る。

何から始めるか — 三段階の移行

検証連携基盤の実現は、完成形を一度に構築するものではなく、段階的な実証と対話の反復を通じて進む（第 5 章）。

- 第 1 段階（現在～短期）：限定的なユースケースで AI 制御を部分導入し、ルールベース制御との並行運用のもとで比較データを蓄積する。あわせて、検証連携基盤の要件と構成について関係者間で議論を開始し、共通条件や評価指標の合意形成を進める。
- 第 2 段階（中期）：検証連携基盤を活用し、複数主体・複数実装の比較検証を実施する。投資効果の成立条件や責任分界の^{ほころび}の^{ほころび}パターンを実証に基づいて具体化し、制度設計へのフィードバックを開始する。
- 第 3 段階（中長期）：検証済みの範囲を段階的に拡大し、AI 制御の適用領域と自律度を引き上げる。各段階の安全性と効果が検証連携基盤を通じて確認されることが、次の段階に進む合理的根拠となる。また、基盤への参画自体が事業機会となるエコシステムの形成もこの段階で目指す。

本ホワイトペーパーは、完成した解を示すものではない。ここで整理した構造と問いを出発点に、産学官が検証と対話を反復する中で、共通の枠組みを段階的に形成していくことを呼びかけるものである。

Executive Summary

The convergence of AI and communications is transforming the very role and value of communication networks. While partial deployment of AI within communication networks is already underway, the transition to "AI-native networks" — where the lifecycles of AI and communication networks are fused, and humans and AI collaboratively determine what is decided, where, and how, dynamically configuring decision structures according to context — represents not merely a technological advancement, but a fundamental shift in the assumptions underlying social infrastructure. Yet a framework for holistically explaining and verifying system-wide behavior remains underdeveloped.

Under this transition, three longstanding assumptions begin to erode. First, the interdependence among communication, computing, cloud, and power infrastructures makes per-facility investment evaluation inadequate (investment justification). Second, when AI-driven control spans multiple infrastructure layers, the very premise of what constitutes a single evaluable unit is called into question (evaluation and verification). Third, when human-AI role division may shift during operation, establishing regulatory accountability in advance becomes problematic (liability allocation). These are not hypothetical future concerns — they are emerging in current deployment and operational practice.

This whitepaper makes this structural transformation visible and provides a shared foundation for stakeholders with differing perspectives to engage in dialogue under common premises.

Three Undefinabilities — The Root Causes of Instability

At the root of these eroding assumptions lie three structural undefinabilities that accompany AI-native transformation: the "position," "basis," and "agent" of control decisions can no longer be predetermined at design time (Chapter 2).

- Decision position and granularity — Which controls are executed, where, and at what granularity are determined dynamically at runtime. The same control decision yields different latency, accuracy, and cost tradeoffs depending on whether it executes at the edge, in the cloud, or within the network.
- Decision basis and evidence trail — The rationale for AI decisions becomes distributed across multiple layers, making post-hoc tracing and explanation difficult. The question "why was this control action taken?" cannot be answered by any single entity.
- Decision agent — The division of roles among humans, rules, and AI may shift during operation, meaning the answer to "who made this decision?" is no longer uniquely determinable. The locus of responsibility becomes structurally ambiguous.

These three undefinabilities are intertwined, simultaneously propagating across investment planning, evaluation and verification, and liability allocation.

Seven Questions Facing AI × Communications Infrastructure

These eroding assumptions manifest as seven questions on the ground:

Design: To what extent should AI decision scope and human involvement be treated as design parameters?

/Evaluation: By what criteria should the adequacy of AI-involved control be judged? / Responsibility: Who bears

accountability for the consequences of decisions, and to what extent? / Cost: Who bears the costs of AI control deployment, operation, and verification, and how? / Trust: How can operators, users, and society trust AI decisions?

/ Sustainability: Which technical structures and institutional frameworks are sustainable? / Definition: Is this fundamentally a telecommunications problem, an AI problem, or a social institutional problem?

Why Conventional Verification Falls Short

In environments where AI is involved in control decisions, three assumptions that conventional evaluation and verification have implicitly relied upon — that the subject can be isolated, conditions can be fixed, and causality can be traced — no longer hold (Chapter 3). Control decisions are generated context-dependently, and identical conditions do not guarantee identical outcomes. Moreover, AI-native network-specific security threats (data

poisoning, adversarial attacks, model inversion) fall outside the scope of conventional network security frameworks. Verification confined to a single operator or a single technology cannot assess either the adequacy of AI decisions or their societal impact.

Proposal: Verification Collaboration Platform

No single stakeholder can address these questions alone. This whitepaper proposes a "Verification Collaboration Platform" — a framework in which diverse stakeholders bring technologies together, conduct comparative verification under shared conditions, and incrementally develop evaluation metrics, institutional designs, and standards (Chapter 4).

This platform goes beyond confirming technical correctness. By sharing the structural framework of decision position, basis, and agent, verification items for new service deployment can be designed in advance, limiting the scope of verification costs and trial-and-error. The platform is designed so that telecommunications operators, AI providers, cloud providers, users, and public institutions each contribute their own conditions and expertise. As a neutral verification environment independent of any specific platform vendor, it is fundamentally distinct from existing proprietary platforms.

- From a design and implementation perspective — A verification environment under comparable conditions becomes available. AI interoperability in multi-vendor environments can be demonstrated, enabling performance and cost comparisons across control decision placement patterns (edge / cloud / in-network).
- From an investment and management perspective — The effectiveness of AI control deployment can be demonstrated incrementally. Comparative data between deployment and non-deployment scenarios accumulates, providing evidence to justify infrastructure investment.
- From an institutional and standardization perspective — Insights gained through verification feed back into institutional design. The EU is already advancing regulatory frameworks, and other regions are pursuing state-led approaches. Japan, with its tradition of soft-law-based deliberation that enables iterative dialogue between regulation and implementation, is well-positioned to leverage this strength. Whether Japan can design and propose its own verification frameworks internationally will shape its position in global rule-making.

Where to Begin — A Three-Phase Transition

Realizing the Verification Collaboration Platform is not a one-time construction but proceeds through iterative cycles of phased demonstration and dialogue (Chapter 5).

Phase 1 (present to near-term): Partial deployment of AI control in limited use cases, accumulating comparative data through parallel operation with rule-based control. Concurrently, discussions among stakeholders on platform requirements and design begin, building consensus on shared conditions and evaluation metrics. Phase 2 (medium-term): Comparative verification of multiple stakeholders and implementations using the platform. Conditions for investment viability and patterns of liability boundary breakdown are concretized based on empirical evidence, with feedback to institutional design beginning at this stage. Phase 3 (medium to long-term): Gradual expansion of verified scope, raising the application range and autonomy level of AI control. Safety and effectiveness confirmed through the platform at each phase provide the rational basis for advancing to the next. This phase also aims to cultivate an ecosystem in which participation in the platform itself becomes a business opportunity.

This whitepaper does not present a completed solution. It calls on industry, academia, and government to take the structures and questions articulated here as a starting point, and to incrementally form shared frameworks through repeated cycles of verification and dialogue.

目 次

第 1 章 なぜ「判断」から考えるのか－AI と通信の融合が問い直す前提	3
1.1 社会基盤としての通信ネットワークに何が起きているか	3
1.2 「判断」を起点に考える－従来と何が変わったのか	5
1.3 設計時に決められなくなる五つの領域	9
1.4 本ホワイトペーパーの問題設定と構成	10
図 1-1 AI ネイティブネットワークの物理構成例（参考）	11
表 1-1 AI ネイティブネットワークを構成する物理・機能要素の整理（例）	11
表 1-2 AI ネイティブ化をめぐる問いと、本ホワイトペーパーの章構成との対応	12
第 2 章 何が「事前に決められない」のか－三つの未定義性	13
図 2-1 設計時に設定された判断と、実行時に継続的に成立する判断の違い	14
2.1 制御判断はどこで、どの粒度で行われるのか	14
表 2-1 AI の学習・推論の配置パターン（参考）	15
2.2 制御判断の根拠・履歴はどこに残るのか	15
図 2-2 判断の根拠・履歴等が分散する構造的要因を示す概念図	16
2.3 制御判断の主体は誰か－人・ルール・AI の重なり	19
表 2-2 判断の生成位置と三つの未定義性の対応	20
2.4 三つの未定義性をもたらす実務上の帰結	22
第 3 章 現実の運用で何が起き、従来の検証はなぜ届かないのか	23
3.1 判断の位置と粒度が分散するとき、実運用で何が起きるか	23
表 3-1 多層・多地点に分散した判断が引き起こす運用上のねじれの構成要素	24
3.2 なぜ判断の根拠に遡れなくなるのか	24
表 3-2 AI が判断に関与するネットワークにおける判断根拠の分散構造	25
3.3 正しい判断でも結果が歪む－三つの未定義性の複合作用	25
表 3-3a 判断と実行の構造的乖離が評価・検証に及ぼす影響	26
表 3-3b 通信・計算・電力・運用制約が同時に作用することで顕在化する現象の例	26
3.4 まとめ－従来の検証はなぜ届かず、何が問われるのか	26
第 4 章 どう検証し、誰が何を引き受けるのか－検証連携基盤の構想	29
4.1 なぜ「正しく動くか」の検証だけでは足りないのか	29
表 4-1 検証連携基盤が意思決定にもたらしうる実務的な機能（例）	30

4.2 誰が何を持ち寄るのか－主体別の条件・知見	30
表 4-2 検証連携基盤に各主体が持ち寄る条件・知見（例）	31
4.3 検証連携基盤は何ができなければならないか	31
図 4-1 AI ネイティブなネットワークにおける判断・実行・評価・制度の循環構造	33
表 4-3 検証連携基盤の機能領域と機能要件	33
4.4 まとめ－構造の整理が検証を可能にし、参画の動機を生む	34
第 5 章 何から始めるか－段階的な実証の進め方	35
付録 A：用語・概念の定義	1
付録 B-F（Web 掲載）	1

第1章 なぜ「判断」から考えるのか — AI と通信の融合が問い直す前提

AI と通信の融合が進む中で、ネットワークの将来像を議論する際、技術や方式の選択以前に問い直すべき前提がある。

「誰が、どこで、何を根拠に行動を決めているのか」——この問いに答えられなければ、設計も投資も検証も空回りする。

問うているのは、AI が人間の枠組みを離れて自ら判断することではない。

人間が設計した枠組みの中で、

どこまでを AI に委ね、その枠組みをどう維持・更新するかである。

Box：AI ネイティブネットワークの未来 — 二つのライフサイクルが重なるとき

本ホワイトペーパーが対象とする「AI ネイティブネットワーク」とは、3GPP NWDAF や O-RAN RIC のような部分的な AI 活用の延長ではない。AI のライフサイクル（学習→推論→監視→再学習）と通信ネットワークのライフサイクル（設計→展開→運用→最適化→廃止）が重なること（ITU-T FG-AINN, 2024）で見えてくる未来の AI ネイティブネットワークの姿をいくつか描く。

例えば、ユーザの AI 推論リクエストが、広域ネットワークを介して地球規模で最適な GPU クラスタやエッジに動的にルーティングされ、学習・推論・監視の実行場所自体がネットワーク負荷と計算資源の状況に応じてリアルタイムに再配置される。また、ユーザの利用パターンをネットワークが学習し続けることで、設計者が定めた仕様からではなく、実際の使われ方からネットワーク構成が逆生成されるようになる。設計と運用の境界が消え、ネットワークは常に自己再設計し続ける基盤となる。

さらに、トラフィックパターンの変化から未知のサービスカテゴリの出現をネットワーク自身が察知し、対応する API や帯域ポリシーを自動生成することで、ネットワークが「市場の変化を最初に検知する存在」となる可能性もある。その先には、クラウド事業者の AI が計算資源を、通信事業者の AI が帯域を、電力事業者の AI が電力を、リアルタイムの自動交渉で相互に取引し、その判断の経緯や証跡は第三者的な立場としてネットワーク層が自動的に記録・検証する世界も構想し得る。そのとき、ネットワークは単なる通信基盤ではなく、信用基盤としての役割を持ち得る。——人間が設計するのは目的とルールと制約条件であり、その枠内での判断と資源配分が AI に委ねられるが、二つのライフサイクルが重なるとき、ネットワークの役割そのものが変わる。

本ホワイトペーパーは、このような未来の姿を対象として生じていく変化を整理する。

1.1 社会基盤としての通信ネットワークに何が起きているか

近年、国内外の政策や研究戦略において、AI を中核とする先端技術と情報通信基盤を研究・社会実装・運用を横断して支える一体的な基盤としてとらえなおす動きが進んでいる。その背景には、AI の学習・推論・制御が社会システムの深部に組み込まれつつあること、そして、それを支える情報通信基盤・計算基盤・エネルギー基盤との相互依存性が急速に高まっていることがある。

通信ネットワークは、長年にわたり社会基盤として利用されてきたが、その役割は主に「安定した伝送を提供する基盤」として位置づけられてきた。設計や運用は、あらかじめ想定された要件・条件の下で動作することを前提とし、評価・検証も通信品質や可用性といった指標を中心に、装置や機能の単位で行われてきた。動的な最適化や適応制御の可能性自体は従来から指摘されていたものの、それらが常態的に運用され、制御判断が実行時に分散的・動的に成立することを前提とした設計や制度は、十分に整備されていたとは言い難い。こうした制約の下で制限されてきた動的な制御・最適化が、ふたたび現実的な選択肢として浮上している。

その推進力となっているのが、AI 技術の急速な進展である。機械学習や生成 AI の活用が進む中で、通信は AI の学習・推論を支える基盤であると同時に、AI 自身によって運用や制御が高度化される対象としても位置づけられるようになった。

こうした変化は将来の構想にとどまらず、すでに部分的に始まっている。例えば、3GPP が 5G コアネットワークの分析機能として規格化した NWDAF (Network Data Analytics Function) は、トラフィック予測や異常検知に AI を活用する仕組みとして導入が進んでいる¹。O-RAN Alliance が定義する RIC (RAN Intelligent Controller) は、無線基地局の資源配分や干渉制御に AI ベースの判断を組み込む枠組みであり、複数の通信事業者やベンダーが実証に取り組んでいる。また、4G 時代から導入されてきた SON (Self-Organizing Network) は、基地局パラメータの自動調整や障害の自動復旧を実現してきたが、近年は AI/機械学習を組み込んだ高度化が進められている。

現時点ではこれらの多くは分析・予測・補助的な最適化の段階にあり、AI が制御判断を直接生成し即座に実行する段階には至っていない。しかし重要なのは、こうした部分的な導入であっても、本ホワイトペーパーが整理する三つの未定義性——判断の位置と粒度、根拠の所在、判断主体の構成が設計時に事前に確定できないという制御の決定論的構造から、適応的・相互作用的構造への変化——は、程度の差こそあれ既に顕在化し始めているという点である。

例えば、NWDAF が生成した分析結果をどの制御ノードがどう使うかは導入の構成ごとに異なり、RIC で用いる AI モデルの判断根拠をどこまで追跡できるかは未整理のままである。本ホワイトペーパーは、こうした部分的な導入を安全かつ段階的に進めるためにこそ、制御判断の構造を整理し、検証の枠組みを事前に用意しておくことが必要であるという立場をとるものである。

この流れの中で、通信ネットワークは単なる情報伝送の基盤にとどまらず、データ処理・計算資源・サービス制御と結びついた複合的な基盤として認識されるようになりつつある。クラウド環境やデータセンター、エッジ計算基盤、さらには電力・冷却設備といった実行基盤との連携が不可欠となり、通信ネットワークは複数の技術要素や運用主体が関与する社会基盤の一部として機能するようになっている²。

こうした傾向が更に進展すれば、通信ネットワークにおける制御や最適化は、設計時にあらかじめ決め切るものではなく、実行時の状況に応じて継続的に再構成されることを前提としたものへと移行

¹ 例えば、端末・エッジ・クラウドに分散した AI 処理を前提とする構成については、3GPP における AI/ML 関連の検討 (5G Advanced – Services and Architecture) において整理が進められている。また、IETF では、通信経路の選択に際して計算資源の状態を考慮する枠組みとして、Computing-Aware Traffic Steering (CATS) の検討が行われている。これらの議論では、AI/ML アプリケーションが遅延、帯域、計算資源、エネルギー効率といった要求 (Intent) を提示し、ネットワークがそれを動的に考慮・最適化する構成が想定されている。

² 大規模データセンターにおいては、AI を用いたネットワーク制御やトラフィック最適化が実運用で導入されている。例えば、Google は B4 ネットワークにおいて AI による輻輳制御・経路最適化を実施しており、Meta (旧 Facebook) もデータセンターネットワークの運用最適化に AI を活用している。これらは、AI がネットワーク実行基盤の挙動に直接影響を与える判断ループが、通信ネットワークの外側、すなわちクラウド/データセンター側にも存在する実装例である (Google, 2019; Meta, 2021)。

していく。通信品質、計算資源の利用状況、電力制約、サービス要件、さらには人流や行動データなどの周辺環境情報といった複数の条件を同時に考慮しながら、どの制御を、どの場所で、どのタイミングで行うかが実行時に AI を含む制御機構によって判断される。しかも、その制御判断の前提や方針自体が、運用の過程で更新され続ける。このような構造の下では、ネットワークの挙動を設計時に予測・固定することはもはや困難であり、従来前提としてきた再現性や事前検証可能性そのものが、設計思想として再考を迫られる場面が増えていく。

こうした不確実性の高まりは、通信ネットワークの社会基盤としての役割を後退させるものではない。むしろ、不確実性を内包したまま運用されることを前提としたうえで、制御判断と実行を現実世界とデジタル世界の間で結び続ける役割が、Society 5.0 に代表される社会構造の中核的基盤として一層強く求められている。加えて、社会基盤としての通信ネットワークには、従来重視されてきた「つながること」や「速いこと」にとどまらず、信頼性・安全性・説明可能性・持続可能性といった観点が、社会的な影響の評価軸としても意識されるようになっていく。とりわけ、AI が関与するシステムでは、意図しない挙動や影響が社会問題として顕在化する可能性も指摘されており、従来どおりの技術上の性能評価だけでは対応しきれない場面が増えている。

AI と通信の融合は、もはやネットワーク構成や技術要素の高度化にとどまらない。AI のライフサイクルと通信ネットワークのライフサイクルが重なり始めたことで、その振る舞いがどのように決まり、結果として社会にどのような影響を及ぼし得るのかという、従来の枠組みでは捉えきれない問いが浮かび上がっている。

次節では、この問題意識を踏まえ、AI と通信の融合が通信ネットワークにもたらす変化を整理する。なお、AI と通信基盤を社会基盤として位置づける国内外の政策動向については、本ホワイトペーパーの議論の前提整理として付録 B にまとめている³。日本、米国、欧州、中国等における戦略の違いと共通点については、本文の議論と併せて参照されたい。

1.2 「判断」を起点に考える — 従来と何が変わったのか

AI と通信が融合されたネットワークの将来像を構想するとき、AI やネットワークの配置、構成、方式等を議論する以前に、「誰が、どこで、どのように行動を決めているのか」という問いがまず浮かぶ⁴。

通信制御や運用に AI が関与し始めた環境では、どの装置がどのように接続されているか以上に、どの時点で、どの情報を基に、どのような選択が行われているのかが、ネットワーク全体の挙動を左右するようになりつつある。

従来の通信ネットワークでは、「何をするか」という判断の多くは、設計時や運用計画の段階で人間によってあらかじめ決められてきた。例えば、どの条件で経路を切り替えるか、どの程度の負荷で制御を強めるかといった方針は、事前にルールや設定値として定義され、実行時には装置がそれを忠

³ 例として、日本における AI 事業者向けガイドラインや AI セキュリティに関する技術整理（例：総務省、経済産業省、デジタル庁等）などがある（詳細は付録 B 及び付録 F 参照）。

⁴ 例えば、端末・エッジ・クラウドに分散した AI 処理を前提とする構成については、3GPP における AI/ML 関連の検討（5G ADVANCED – SERVICES AND ARCHITECTURE）において整理が進められている。また、IETF では、通信経路の選択に際して計算資源の状態を考慮する枠組みとして、COMPUTING-AWARE TRAFFIC STEERING（CATS）の検討が行われている。これらの議論では、AI/ML アプリケーションが遅延、帯域、計算資源、エネルギー効率といった要求（INTENT）を提示し、ネットワークがそれを動的に考慮・最適化する構成が想定されている。

実に適用する構造であった。このため、実行時にそれぞれのレイヤーの装置で行われる選択そのものを「判断」として明示的に考える必要はほとんどなく、制御判断と実行は設計上、時間的にも機能的にも分離されたものとして扱われてきた。

一方、AI がネットワークの制御や運用に関与する環境では、この前提は必ずしも成り立たない。AI は、人が設計時に定めた目的・制約・優先順位という枠組みの中で動作する。しかし実行時には、ネットワーク状態、トラフィック状況、計算資源や電力の制約、過去の挙動などを踏まえて、制御内容や方針がその都度更新される。この結果、AI による制御判断は単なる設定値の選択ではなく、「どの制御を、どの対象に、どのタイミングで適用するか」という振る舞いそのものの選択として現れる。

もう一つ重要な点は、こうした AI による制御判断が、ネットワークの状態を入力として受け取るだけでなく、ネットワークや計算基盤の構成そのものによって制約・形成されている点である。AI による学習、推論、モデル更新といった処理は、遅延、帯域、計算資源、電力制約といった条件に強く依存しており、これらは単なる外生的な制約ではなく、AI がどのような制御判断を生成し得るかの前提条件となる。この意味で、AI と通信の関係は、AI がネットワークを制御するという一方向の関係にとどまらず、ネットワークが AI の判断空間を形成するという逆方向の因果を含む相互依存関係として理解する必要がある。

例えば、ある時点では遅延最小化を優先した制御が選択されていても、計算資源や他サービスへの影響が顕在化した場合には、制御の判断方針が切り替えられ、処理精度や制御頻度を抑える選択が行われることがある。こうした制御判断を、あらかじめすべてルールとして定義しておくことは難しく、実行時の状況に応じて動的に行われることが前提となりつつある。

AI の動作は、学習（訓練）・推論・出力という段階を経る。学習は過去のデータからパターンを獲得する段階であり、判断の準備に相当する。推論は、獲得したパターンを現在の状況に適用して出力を生成する段階であり、この出力こそが制御判断そのものである。ただし、推論の出力が制御判断として機能する仕方は一様ではない。最適化・制御 AI の場合、推論の出力がそのまま制御判断となり直接実行される。運用判断支援 AI の場合、推論の出力は提案であり、人間がそれを受けて最終的な判断を下す。複合系では、複数の AI の推論出力が相互作用した結果として制御判断が形成されるため、単一の AI の出力だけでは判断が完結しない。この区別は、判断の責任帰属と検証方法を考えるうえで不可欠であり、第 2 章以降で詳述する。

なお、本ホワイトペーパーでは、AI を単一の実体としてではなく、通信資源を利用する主体、制御方針を決定する判断主体、判断を制御として実行する機構という三つの役割に区別して扱う（詳細は付録 C 参照）。本文で「判断主体としての AI」と呼ぶのは、このうち制御方針の決定に関与する論理的主体を指す。通信資源を利用する AI と判断を実行に移す AI は従来の環境にも存在し得るが、制御方針を学習に基づいて生成・更新する判断主体としての AI が循環構造に組み込まれることが、AI ネイティブ化の特徴である。

また、本ホワイトペーパーでは、こうした変化を踏まえ、「判断」を特定の技術や主体に帰属させるのではなく、ネットワークの挙動を方向づける機能プロセスとして扱う。ここでいう判断には、人間による意思決定、ルールベースの自動制御、AI による推論や最適化処理が含まれ、方針や動作を選択・更新する行為全般を指す。問うのは個々の制御手法の優劣ではなく、判断がどのような枠組みの下で生成・適用されているか、そしてその枠組み自体をどう設計・更新していくかという構造である。

このように「判断」を起点として構造を考えると、AI と通信が融合したネットワークにおいて、なぜ従来とは異なる検証や設計の視点が必要となるのかを、技術分野を越えて整理することができる。第 2 章以降では、この「判断」の位置づけの変化を前提として、現実の運用環境で顕在化する課題や、評価・検証の枠組みが直面する問題を具体的に考える。

コラム 1 分野ごとには正しかった判断がなぜ噛み合わなくなったのか

AI と通信の融合が進む以前から、運用現場では「設計どおりに動いているはずなのに、全体として違和感がある」という声が断続的に聞かれてきた。

通信事業者は言う。

「ネットワーク制御は仕様どおりで、品質指標も満たしている。」

AI システムの担当者は言う。

「モデルの精度や安定性は、試験環境で確認されている。」

電力や設備の管理側も言う。

「供給余力や冗長性は、設計上問題ない。」

いずれも、それぞれの分野では合理的であり、明確な誤りがあるとは言い切れない。

しかし、AI が判断主体としてこれらを横断的に結びつけるようになると、分野ごとの「正しさ」が、全体として噛み合わない状況が生じ始める。

しかも、こうした噛み合わなさ気づいたとしても、どの主体が介入すべきかが分からない。通信側は「AI の判断が原因では」と考え、AI 側は「通信や電力の制約が原因では」と考え、電力側は「自分の管轄外の問題だ」と判断する。従来であれば、問題は特定の分野内に閉じていたため、その分野の担当者が原因を特定し、対処できた。しかし、AI が分野を横断して判断を生成・実行する環境では、問題の所在そのものが複数主体にまたがり、誰がエスカレーションし、誰が止めるかが事前に決まっていない。

このような事象は、個別には「軽微な不具合」や「想定外事象」として処理されがちである。そして、判断が実行時に生成・更新され、かつ複数の基盤を横断している場合、問題は単なる技術トラブルにとどまらない。

事後に

- 誰が判断したのか
- どの判断が影響したのか
- どの制度・評価枠組みで検証すべきか

を整理できない状態は、社会的な説明責任や投資判断を検討する上で無視できない論点となる。

本ホワイトペーパーが問題とするのは、特定技術の是非ではなく、こうした「説明・検証・責任分界が曖昧なまま社会基盤が運用される状態」が、今後どのような社会的な課題を生むかである。

Box：判断を軸にした技術の整理

近年、連合学習や分散推論、協調制御、自律運用、エージェント型システムなど、AI をめぐる多様な技術が登場している。これらは学習、推論、制御、運用といった異なる領域に属しているように見えるが、「判断」という観点から整理すると、共通した構造変化として考えることができる。具体的には、判断がどこで行われ、どの単位で作用し、どのように更新されているかを、技術分野を横断して比較できるようになる。

判断を軸にした技術の整理例

技術領域	技術分類	構造上起きていること	判断の変化
連合学習	学習手法	判断基準（モデル）が複数地点で更新され、通信を介して統合される	判断の更新が分散化
分散推論	推論配置の最適化	判断がどこで行われるかが固定されず、通信状態や負荷で変化する	判断の場所が流動化
協調制御・分散制御	制御方式	各主体が局所的に判断し、全体挙動は相互作用の結果として現れる	判断の主体が複数化
自律運用（AIOps 等）	運用自動化	実行結果が次の判断に影響し、判断基準が運用中に更新され続ける	判断の時間軸が連続化
エージェント型システム	実装形態	観測・判断・行動・フィードバックを循環させながら相互作用する	判断の循環化・自律化

1.3 設計時に決められなくなる五つの領域

「誰が、どこで、どのように行動を決めているのか」という視点から、AI ネイティブ化によって新たに顕在化する「未定義な領域」を整理する。

従来の通信ネットワークでは、多くの前提条件が暗黙のうちに共有されていた。判断は主として設計時や運用計画段階で人間が行い、実行時には装置が定められたルールを適用する構造が一般的であった。そのため、判断の主体、判断が行われる場所やタイミング、判断結果の責任の所在は、明示的に定義される必要が少なかった。

しかし、AI がネットワークの制御や運用に関与する環境では、こうした前提が成立しにくくなる。制御判断は実行時に AI によって生成・更新され、ネットワークの挙動に直接影響を与えるようになるため、従来は自明とされてきた事項が、改めて問い直されることになる。その場合、具体的には、少なくとも以下のような領域が未定義または曖昧なまま残りやすい。

第一に、**判断主体の所在**である。

AI が判断に関与する場合、その判断は特定の装置や単一のシステムに帰属するとは限らない。たとえば統括的な制御主体（マスター）が設けられていたとしても、エッジ、ネットワーク、クラウドといった複数の位置に分散した処理の相互作用の結果として制御判断が形成される場合、どの主体がその判断を「行った」とみなすべきかは必ずしも自明ではない。

第二に、**判断の根拠・履歴・証跡の扱い**である。

AI が関与する判断プロセスは、学習結果、実行時の入力データ、資源制約、過去の判断履歴など、複数の要素に依存して生成される。このため、判断の根拠が一つの設計文書やログに集約されず、複数のレイヤーやシステムに分散して存在することが前提となりつつある。

第三に、**制御判断と実行の境界**である。

制御判断が実行時に生成される場合、制御判断と実行は時間や機能的に切り離された工程ではなくなる。どこまでを「判断」とみなし、どこからを「実行」ととらえるのか、その境界は固定して定義しにくい。

第四に、**評価・検証の単位**である。

制御判断が動的に変化し、実行環境の制約と相互作用する場合、単一の装置や制御ロジックを切り出して評価することが難しくなる。どの範囲を評価対象とし、どの条件下での挙動を妥当とみなすのかは、従来の枠組みでは整理しきれない。

第五に、**判断の妥当性や信頼性が損なわれた場合の扱い**である。

制御判断が実行時に生成され、複数の要素や主体の相互作用の中で形成される場合、判断が意図せず歪んだり外部からの干渉を受けたりすることがある。そのとき、それをどう検知し、どの主体がどの範囲まで引き受けるのかは、あらかじめ自明ではない。

これらの未定義領域は、個別の技術実装の問題というよりも、判断の在り方が変化したことによって生じる構造上の問題である。したがって、単一の技術分野や単独の検証環境で解消できるものではなく、複数の主体・レイヤー・制約条件が関与する前提で考える必要がある。

第 2 章では、本節で概観した未定義領域を、「判断の位置と粒度」「判断の根拠・履歴・証跡」「判断主体の所在」という三つの未定義性として掘り下げて分析する。

1.4 本ホワイトペーパーの問題設定と構成

本節では、本ホワイトペーパーが扱う問題設定と議論構成を整理する。前節（1.3 節）で整理したように、AI ネイティブ化は、判断の所在・根拠・責任の分界といった点を設計段階で確定できない状況を生み出している。こうした未定義性は単一の論点として現れるのではなく、エッジ、通信基盤、クラウド、運用といった複数のレイヤーにまたがって同時に発生し、本ホワイトペーパーが注目する三つの領域——設備投資の妥当性、システムの評価・検証、責任分界の整理——のいずれにも波及する。したがって、課題は個別技術の成熟や実装上の工夫で局所的に解消できるものではなく、通信、AI、クラウド、評価、制度といった複数の技術分野を横断して整理する必要がある。

本ホワイトペーパーが対象とする問題は、特定の AI 技術に固有のものではない。オンライン学習のように実行時に更新を行う方式では事前の完全な検証が原理的に困難であり、事前学習型やルールベースの方式であっても入力条件に応じて判断結果が変化する以上、設計時にすべての挙動を定義することは難しい。本ホワイトペーパーでは、こうした個別方式の特性ではなく、社会基盤の判断構造に AI が組み込まれることで方式差を超えて共通に現れる課題に焦点を当てる。なお、本ホワイトペーパーの議論は、公開された技術文書や標準化議論を踏まえつつ、特定の企業・製品に依存しない形で一般化している。AI の役割の整理については付録 C を参照されたい。

以上を踏まえ、本ホワイトペーパーでは、AI ネイティブネットワークを単一の技術や製品としてではなく、エッジ、通信基盤、クラウド、電力基盤、管理・制御システムといった複数の物理要素が連携して成立する社会基盤として捉える。その上で、AI が判断主体として関与することで要素間の関係がどう変化し、どのような構造的な問いが新たに生じるのかを整理する。

図 1-1 は、本ホワイトペーパーが対象とする AI ネイティブネットワークの物理構成要素を示した参考図であり、特定の実装や方式を示すものではなく、議論の前提となる物理的要素の配置関係を共有することを目的としている。表 1-1 では図 1-1 の主要な構成要素とその役割を、表 1-2 では各章の論点と構成の対応関係を整理している。以降の章を読み進める際には、表 1-2 を俯瞰的な道標として参照されたい。

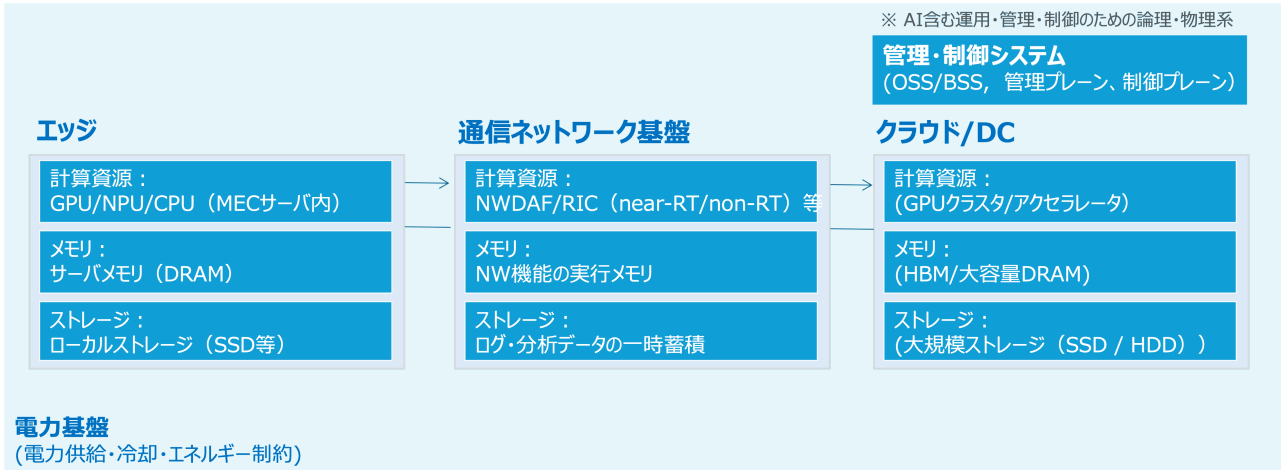


図 1-1 AI ネイティブネットワークの物理構成例（参考）

表 1-1 AI ネイティブネットワークを構成する物理・機能要素の整理（例）

構成要素	主な役割	含まれる機能・例
通信ユーザー/ アプリケーション	サービス要求の生成	人の利用、AI アプリケーション（推論・分析等）、生成 AI サービス（対話・コンテンツ生成等）
エッジ	低遅延処理・局所制御	MEC サーバ（計算・メモリ・ストレージを含む）、near-RT RIC、エッジ AI 推論、センサ処理
通信ネットワーク	接続・転送・制御	無線、コア NW、トラフィック制御、NW 内計算処理（NWDAF 等）
クラウド/DC	集約計算・学習	学習 AI、大規模推論、管理系
計算資源	処理能力の提供	CPU/GPU/アクセラレータ、メモリ、ストレージ
電力・エネルギー	実行制約条件	消費電力、電力制御
運用・管理・制御系	全体制御・方針反映	オーケストレーション、運用
判断主体としての AI	判断の統合	目的・制約を考慮した意思決定

表 1-2 AI ネイティブ化をめぐる問いと、本ホワイトペーパーの章構成との対応

観点 / 章	第2章：三つの未定義性	第3章：運用と検証の限界	第4章：検証連携基盤
章の主題	判断の位置・根拠・主体が 事前に決まらない	未定義性が運用・検証の両面 で顕在化	検証の枠組みと主体の役割
	2.1節 判断の位置と粒度 ----->	3.1節 位置の分散と運用課題 ----->	4.1節 「正しく動くか」では足りない
	位置・粒度が実行時に変動	分散判断が現場に与える影響	三つの未定義性に応じた検証視点
	2.2節 根拠・履歴の所在 ----->	3.2節 根拠への遡及困難 ----->	4.2節 誰が未定義性を引き受けるか
	根拠が複数レイヤーに分散	再現性・説明可能性の喪失	事業者・ベンダー・研究機関等
	2.3節 人・ルール・AIの重なり ----->	3.3節 複合作用と検証前提の崩壊 ----->	4.3節 検証連携基盤の機能要件
	主体が単一に帰属しない	切り出し・再現・追跡の限界	四つの機能領域と参画の価値
章の到達点	判断は設計時に固定できない	事後確認では足りない	構造の整理が検証を可能にする
次章への接続	→ 何が起きるか（3章）	→ どう構想するか（4章）	→ 何から始めるか（5章）

本ホワイトペーパーは、AI ネイティブネットワークに関する完成された解や具体的な実装方法を提示するものではない。むしろ、将来の社会基盤において避けて通れない構造的な課題を可視化し、それらに対してどのような姿勢と枠組みで向き合うべきか、その議論の土台を示すことを目的としている。本章で整理した問題設定と構造が、産学官を含む多様な関係者による建設的な議論と検証の出発点となることを期待するものである。

なお、AI が通信ネットワークの制御・運用に関与する枠組みについては、ITU-R M.2160（IMT-2030 Framework）が AI を 6G の設計原則として位置づけ、ITU-T FG-AINN が「AI-native networking」の定義と参照アーキテクチャの策定を進めている。また、ETSI ENI は AI 支援型のネットワーク自動化を、ETSI ZSM はゼロタッチ管理の参照アーキテクチャを、3GPP は NWDAF（TS 23.288）や AI/ML for Air Interface（TR 38.843）を通じて AI 機能の仕様化を、O-RAN Alliance は多層 RIC 構造によるオープンな AI 制御基盤を、それぞれ推進している。

本ホワイトペーパーは、これらの標準化活動が扱う個別のインターフェースや機能仕様ではなく、AI が判断主体として関与することで生じる変化——判断の位置・根拠・主体の未定義性——を横断的に整理するものであり、上記の標準化活動が共通して直面する課題の構造を可視化する試みとして位置づけられる。

第2章 何が「事前に決められない」のか — 三つの未定義性

— 制御判断の位置・根拠・主体はなぜ設計時に確定できないのか —

従来の通信ネットワークでは、制御判断の位置・根拠・主体は設計時に確定できた。
AI ネイティブ化は、この三つの前提が同時に変化する。
どこで判断されるか分からない、何に基づくか追えない、誰が決めたか切り分けられない
——この「三つの未定義性」が、
設備投資・評価検証・責任分界にどう波及するかを明らかにする。

本ホワイトペーパーで扱う「未定義性」とは、確率的に挙動が変化するという意味での不確実性（uncertainty）とは異なり、判断の位置、判断主体、判断根拠といった前提そのものを、設計時や評価時に一意に定義できなくなる状態を指す。これは、システムが誤る可能性があるという問題ではなく、「どこで、誰が、何を根拠に判断しているのか」を事前に把握できなくなる構造変化に着目するものである。なお、本文で「AI が判断を生成する」と記す場合、それは AI 自身が自律的に意思決定を行うことを意味しない。AI の推論出力が、人が設計した枠組みの中で制御判断として採用・実行される過程全体を指す略記である。

従来の通信ネットワークにおいては、判断は主として人や固定されたルールによって行われてきたため、判断の位置、責任範囲、判断根拠は、設計段階において明示的に整理され、運用や評価もその前提の上に構築されていた。

しかし、AI が実行時に状況依存な制御判断を生成し、制御ループの一部として組み込まれるようになると、これらの前提は自明ではなくなる。制御判断は、エッジ、通信ネットワーク、クラウド/データセンターといった物理的な配置だけでなく、資源制御、サービス制御、運用管理といった機能的な階層にもまたがって分散し、かつ動的に移動し得るものとなる。

このような環境では、判断主体として人・ルール・AI のいずれもが関与し、その比重が固定されず、判断根拠や判断履歴も分散して生成・更新される。その結果、制御判断が「どこで行われたのか」「誰の判断とみなすべきか」「どの前提条件に基づくものか」を、設計時にあらかじめ確定しておくことが原理的に難しくなる。従来のネットワークでもすべてを事前に規定できていたわけではないが、規定の対象が有限かつ列挙可能であったことと、規定の対象そのものが実行時に変動し得ることとの間には、質的な違いがある。



図 2-1 設計時に設定された判断と、実行時に継続的に成立する判断の違い

（左：従来の通信ネットワーク/右：AI ネイティブネットワーク）本図は、従来の通信ネットワークと AI ネイティブネットワークにおいて、判断主体、判断内容、判断の時間性、評価単位がどのように変化するかを整理したものである。本章 2.1 節～2.3 節では、本図で示した各観点について、未定義性がどのように生じるかを順に述べる。

2.1 制御判断はどこで、どの粒度で行われるのか

図 2-1 に示したように、AI ネイティブ化が進む環境では、制御判断が行われる位置や、その時間・空間粒度を、設計時に事前に決めきることが難しくなる。

従来の通信ネットワークでは、制御判断は特定のレイヤー・制御点に配置され、その粒度も事前に定義された前提として扱われてきた。しかし、AI が判断に関与するようになると、制御判断は単純な入力ー出力対応として定義されるのではなく、多数の状態情報と制約条件を同時に考慮した推論として生成される。

考慮される要素には、無線状態やトラフィックだけでなく、判断の実行位置（エッジ/ネットワーク/クラウド）、制御の粒度、遅延・計算資源・電力・運用ポリシーといった制約が含まれる。その結果、判断空間は組合せ的に拡大し、設計時にすべての挙動を列挙・検証することは実務的に困難となる。

AI ネイティブ環境では、判断の位置と粒度が実行時に決まること自体が前提条件となり始めている。この判断の位置の問題は、AI の学習と推論をネットワークのどの地点で行うかという配置の選択にも関わる。表 2-1 に、現時点で想定される学習・推論の配置パターンを整理した⁵。

⁵ 本表は 3GPP TR 37.817、O-RAN 仕様、3GPP TS 23.288 (Rel-18/19)、3GPP TR 23.700-80 等を参考に作成した。

表 2-1 AI の学習・推論の配置パターン⁶（参考）

場所	学習（訓練）	主な学習データ	推論
クラウド/ OAM/SMO	◎ 負荷予測、省エネ最適化、 スライス負荷予測等	トラフィック統計、 KPI 履歴、 ネットワーク構成情報等	○
エッジ/ Near-RT RIC	△ オンライン強化学習 による微調整 （リソース配分等）	リアルタイム RAN 指標、 CQI、RSRP 等	◎ トラフィックステアリング、 リソース配分、 DU パラメータ最適化
基地局（gNB）	△ 省エネ・負荷分散の 局所的な学習	セル負荷、 隣接セル情報、 UE 測定報告等	◎ 省エネ（セル ON/OFF）、 負荷分散、 モビリティ最適化
端末（UE）	△ 連合学習クライアント （端末移動予測、 映像認識等の勾配共有）	端末ローカルデータ （位置、センサ、 映像等）	○ 端末移動予測、 映像・音声認識、 V2X 制御
NWDAF （コア NW）	△ 連合学習 （異常検知、品質予測等）	NF 負荷、 UE イベント、 スライス利用状況等	○ 異常検知、品質予測、 UE 位置予測
ルーター/ スイッチ	× 実績なし	—	○（限定的） 暗号化トラフィック分析、 異常検知等 （学習はベンダークラウド）

2.2 制御判断の根拠・履歴はどこに残るのか

図 2-1 に示したように、AI ネイティブネットワークでは、従来の通信ネットワークで前提とされてきた「判断の根拠や履歴を、事後に一つの場所・形式として整理できる」という考え方が成立しにくくなる。制御判断は事前に設定されたルールに基づいて一度だけ生成されるのではなく、実行時に観測された状態情報、過去の判断結果、計算資源や電力といった制約条件を踏まえて動的に生成・更新される。この変化を整理するには、AI と通信の関係を二つの側面から捉える必要がある。

AI for Network（AI によるネットワーク制御・最適化）と Network for AI（AI 実行基盤としてのネットワーク整備）は、その代表的な二軸である。本ホワイトペーパーでは、制御判断の根拠がどこに残るかという観点から、この二つを以下のように捉え直す。

- AI for Network：判断結果を具体的な制御として実行する側
- Network for AI：判断と実行を成立させる状態・制約条件を提供する実行環境

どちらも「AI がネットワークを制御する / ネットワークが AI を支える」という関係は変わっていないが、AI for Network の立場から考えるならば、AI が生成した制御判断が、トラフィック制御やリソース割当てとしてネットワークに適用される。その制御の対象には、AI 自身の学習・推論を支える通信・計算・電力資源の確保・配分も含まれる。これが Network for AI の側面であり、資源を受け取る「AI」には、通信ユーザーやアプリケーションとして振る舞う AI も含まれる。そして、制御の結果として生じる通信品質やトラフィックの変化、計算資源利用や電力消費の状態は、再び AI の判断の入力となる。

このように判断の根拠・履歴が循環的に分散する構造においては、そもそもその判断を最終的に誰が（あるいは何が）下しているのか — すなわち判断の主体そのものが問われることになる。

⁶ 本表は 3GPP TR 37.817、O-RAN 仕様、3GPP TS 23.288（Rel-18/19）、3GPP TR 23.700-80 等を参考に作成した。

この循環構造を図 2-2 に示す。AI がネットワークの状態を入力として制御判断を生成し、その結果がネットワーク状態を変化させ、再び AI の入力となる。制御の結果として生じる実行環境の状態は、再び判断側にフィードバックされ、次の判断の前提条件となる。こうして、制御判断と実行、制約条件が循環的に結びつく構造が形成される。

実装上、制御判断は単一の主体が一箇所で生成するとは限らない。判断と実行が同一の AI で完結する場合もあれば、複数の AI が並列に異なる判断を下す場合もあり、さらに目的関数や最適化目標自体が実行中に更新されることもある。すなわち、「判断」は実装上は分散し、流動し、重なり合う。

このような制御判断が循環構造として成立することで、判断の根拠や履歴は単一のログとして完結しなくなる。状態情報の収集、判断結果の伝達、実行結果のフィードバックといったやりとりが繰り返されるなかで、根拠や履歴はそれらの過程に分散する。このとき、ネットワーク内部のトラフィック構造にも変化が生じる。従来は主として通信サービス提供のために発生していたトラフィックに加え、こうした判断の循環を支えるためのトラフィックが重畳的に発生するようになる⁷。今後、AI、クラウド、モバイルネットワークが密接に結びつくほど、この傾向は強まることになる。

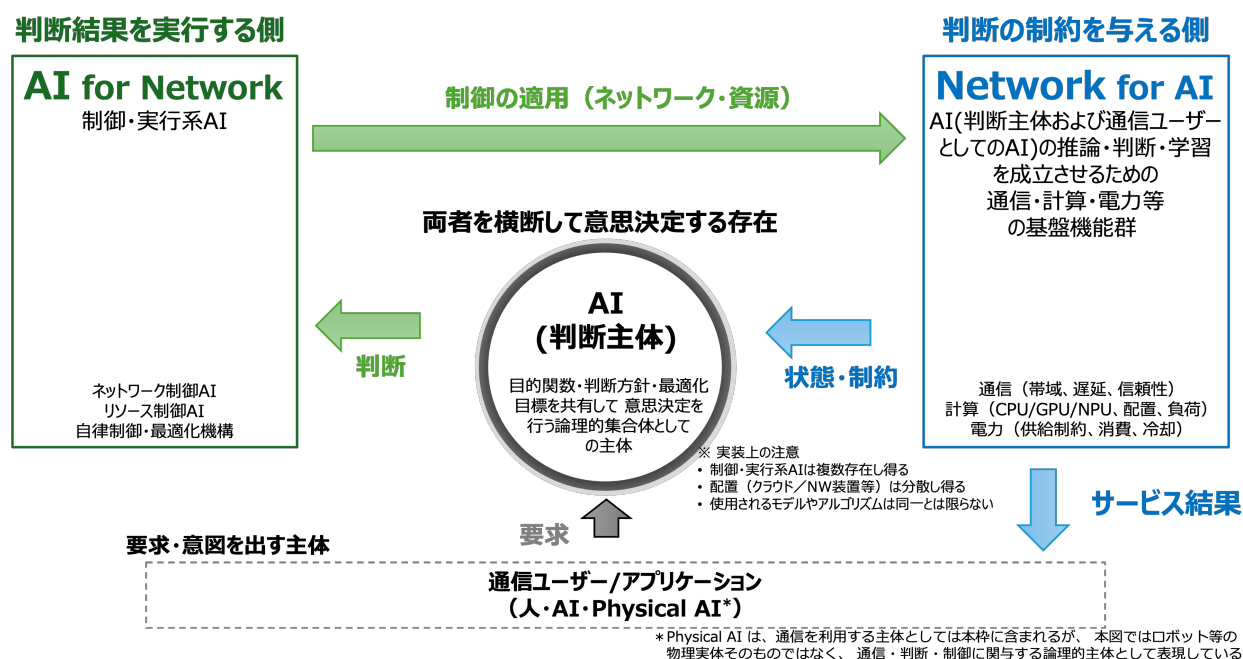


図 2-2 判断の根拠・履歴等が分散する構造的要因を示す概念図

本図は、AI ネイティブネットワークにおける三つの関係を概念的に整理したものである。判断主体としての AI、判断結果を制御として実行する側（AI for Network）、そして判断・実行を成立させるための状態や制約条件を提供する実行環境（Network for AI）の関係を示している。この構造は、AI for Network と Network for AI の双方を同一の判断→実行の流れとして表現している。

⁷ 近年の報告では、データセンター内及びデータセンター間トラフィックが急速に増加しており、AI/機械学習ワークロードがその主要な要因の一つとして位置づけられている（Cisco, 2023；Google, 2019）。加えて、生成 AI や AI アシスタントの普及により、モバイルネットワークにおいてアップリンク依存度の高い通信や、バースト的かつ予測困難なトラフィック特性が増加する可能性が指摘されている（Nokia, 2024；NVIDIA, 2025）。さらに、業界レポートでは、従来は下り中心だったモバイルトラフィック構造に対し、AI サービスの影響でアップリンク比率が高まる傾向が観測されている（Ericsson, 2025）。これらの動向は、通信ネットワークの設計・制御前提そのものが変化しつつあることを示している。

本ホワイトペーパーが判断を軸に整理するのは、この複雑さを無視するためではなく、むしろこの複雑さを体系的に捉えるためである。「判断がどこで生成され、何を根拠とし、誰が引き受けるのか」という問いを立てることで、分散し流動する制御の全体像に共通の整理軸を与えることができる。

こうした判断主体としての AI の位置づけは、近年急速に発達している Agentic AI の概念 — すなわち、与えられたインテントを満たすべく自律的にタスクを実行する AI — と重なる⁸。

⁸ TM Forum IG1230 (Autonomous Networks Technical Architecture) では、各レイヤを制御する Intelligent Agent が Intent に基づいて自律判断する構造が示されている。また、LLM ベースの Agentic AI が Model Context Protocol (MCP) を介してツールを自律的に呼び出す技術が発達しており、通信マネジメントに特化した Agent-to-Agent for Telecom (A2A-T) も同フォーラムで提案されている。

コラム 2 設計上は問題ない——それでも運用で変化が生じる理由

通信ネットワークの歴史において、「判断」は長らく前面に出て議論される対象ではなかった。ネットワークは、設計時に定義された仕様やルールに従って動作するものとされ、実行時の振る舞いは決定論として予測できることが前提とされていたためである。

この状況が変化した背景には、ネットワークが扱う対象の複雑化と、制御の高度化がある。トラフィックの多様化、無線環境の変動性、サービス要求の高度化により、すべての状況を事前にルールとして定義することが困難になった。こうした課題に対応するため、AI を用いて実行時に最適な制御を選択するアプローチが導入され始めた。

その結果、従来は設計段階に閉じていた判断が、運用中に動的に生成されるようになった。判断は固定された前提ではなく、状況依存な要素となり、ネットワークの挙動を説明・追跡・検証する上で無視できない存在となった。現在、「判断」が問題化しているのは、AI の導入そのものではなく、判断がネットワークの内部で継続して生成される構造へと移行したことに起因している。

2.3 制御判断の主体は誰か — 人・ルール・AI の重なり

AI が判断プロセスに関与する場合であっても、判断の基準や許容範囲は人が事前に定義した枠組みによって規定されている。ただし、その枠組みのもとで実行時に生成される個々の制御判断を、特定の単一主体に帰属させて整理することは難しくなる。その背景には、制御判断が単一の主体によって完結するのではなく、人が定義したポリシーや運用ルール、ルールベース制御、AI による推論処理などが重なり合いながら生成される構造がある⁹。しかも、その関与構成は状況や時間帯、実行条件に応じて変化する。

加えて、人が定めたポリシーは、そのまま末端の制御判断に反映されるわけではない。高位の方針は運用層で具体的なルールや閾値しきいちに変換され、さらに実行層で AI の推論パラメータや制約条件として解釈される。この多段の変換を経る過程で、元のポリシーの意図が縮約・変質する可能性があり、最終的な制御判断が当初の方針と整合しているかを検証すること自体が一つの課題となる。こうした多段のポリシー変換は、3GPP のインテントベース管理や O-RAN の多層 RIC 構造などにおいて既に設計上の前提となりつつある¹⁰。

1.2 節で整理したように、AI の推論出力が制御判断として機能する仕方は一様ではない。出力がそのまま実行される場合、人への提案にとどまる場合、複数の AI の出力が相互作用して判断が形成される場合がある。加えて、付録 C で整理したとおり、AI はネットワーク内で単一の役割を担うわけではなく、通信ユーザーとしての AI、制御方針を決定する AI（判断主体）、判断を実行に移す制御・実行系の AI という、役割の異なる複数の機構として分散して実装され得る。このため、「誰が判断したのか」を問うこと自体が、従来のような単一主体の特定ではなく、役割構成の記述として再定義される必要がある。

さらに、こうした複合的な判断構造のもとでは、判断が意図しない結果を生んだ場合に、その責任をどの主体に帰属させるかが自明でなくなる。人が定めた枠組みの問題か、AI の推論出力の問題か、実行環境の制約の問題かを切り分けること自体が困難であり、責任の所在は判断構造の全体を踏まえなければ整理できない。この点は、第 4 章で検討する検証連携基盤と主体別の役割分担の議論に直結する。

以上の判断構造の変化を、判断の生成位置ごとに三つの未定義性との対応で表 2-2 に整理した。

⁹ AI が無線アクセス網（RAN）の制御判断に関与する実装例として、近年は AI-RAN（ARTIFICIAL INTELLIGENCE RADIO ACCESS NETWORK）の文脈における検討や実証が進められている。AI-RAN は、AI を用いて無線制御を高度化する AI-FOR-RAN、RAN と AI ワークロードの計算資源共存を図る AI-AND-RAN、並びに RAN を AI アプリケーション実行基盤として活用する AI-ON-RAN を包含する概念である。その一例として、O-RAN アーキテクチャにおける RAN INTELLIGENT CONTROLLER（RIC）を用いた無線リソース最適化の実証が報告されている（O-RAN ALLIANCE, 2021–2024；AI-RAN ALLIANCE, 2024）。

¹⁰ 第 5 世代以降のモバイルネットワークでは、ネットワーク機能を API として外部に公開し、アプリケーションや制御ロジックから動的に利用するための標準化が進められている。3GPP では、5G コアにおける Service-Based Architecture（SBA）を基盤として、Network Exposure Function（NEF）や Policy Control Function（PCF）を通じた API 公開が規定されている（3GPP TS 23.501, TS 23.502）。また、ETSI においては Intent-based Networking Management の概念整理が進められており、ネットワーク運用における高位要求（インテント）を AI 等の制御ロジックに委ねる方向性が議論されている。これらの動向は、ネットワーク制御の一部を人手による設定から自動化・自律化へ移行させるための、設計や議論の前提として位置づけられる。

表 2-2 判断の生成位置と三つの未定義性の対応

判断の主体・ 生成位置	代表的な判断項目	位置の未定義性	根拠の未定義性	主体の未定義性
人間 (設計者・運用者)	構成方針、ポリシー、 運用ルール	設計・運用段階に 限定	文書・ログで追跡 可能	単一主体で明確
ルールベース 制御	経路選択、帯域制御、 障害切替	制御点が事前に固 定	条件と結果が対応	ルールの設計者に帰属
AI (制御・支援)	資源割当、パラメータ 調整、運用提案	実行時に動的決定	推論内部に依存し 追跡困難	人と AI の関与が重層化
NW : AI 要求起点	低遅延経路確保、帯域 予約、計算資源制御	NW 側が AI 要件に 適応	AI 要件と NW 制約 が交差	要求主体と実行主体が 分離
複合系 (AI×NW×基盤)	計算資源割当、制御頻度 調整、エネルギー制約下 の制御	複数レイヤーに 分散	判断根拠が多元的	単独での主体特定が不 可能

補足：本表は判断主体が併存する構造の整理を目的としており、自律ネットワークの成熟度段階の整理（例：TM Forum Autonomous Network Levels¹¹⁾）とは異なる視点から通信ネットワークの変化を捉えている。

¹¹⁾ 例えば、TM Forum, Autonomous Networks Manifesto に関する各種提言を参照。

コラム3 「判断」は英語で何と訳されるのかーそしてなぜ違和感を生むのか

本ホワイトペーパーが用いる「判断」は、英語の単一の語には対応しない。**decision**（複数の選択肢から方針を選ぶ行為）、**inference**（AI モデルが入力から出力を生成する過程）、**control**（選ばれた方針に基づくシステム動作の実行）のいずれとも重なるが、いずれにも収まらない。従来のネットワークでは、これらは設計・推論・実行という異なる段階に分離されていたため、「判断」は特定の時点・特定の主体による一回限りの意思決定（点としての **decision**）を指していた。

しかし AI ネイティブネットワークでは、観測・推論・実行・フィードバックが循環的に繰り返されるプロセス（ループとしての **decision-making process**）となり、「判断」の意味そのものが変わった。この変化が「判断」という言葉に違和感を生む原因である。読み手が従来の「点としての判断」を想定して読むと、「判断の位置が動的に変わる」「判断の根拠が分散する」という記述に不自然さを感じる。本ホワイトペーパーがあえて「判断」を用い続けるのは、この循環的な構造を可視化し、議論の対象として扱うためである。

2.4 三つの未定義性がもたらす実務上の帰結

本章では、AI が判断主体として関与することで生じる三つの未定義性——判断の位置と粒度、判断の根拠・履歴・証跡、判断主体の所在——を整理した。

判断の位置・粒度が実行時に変動するため、設備投資の妥当性を事前に確定できない。判断根拠が複数レイヤーに分散するため、従来の単体評価・再現検証の前提が崩れる。判断主体が複合的かつ状況依存的に構成されるため、障害や品質劣化が生じた際の責任の所在を一意に特定できない。

すなわち、本章で整理した三つの未定義性は、社会基盤の運用において避けて通れない三つの実務的課題がなぜ生じるのかを、判断構造の変化という共通の根源から説明するものである。重要なのは、これら三つの課題が個別に発生するのではなく、判断の位置・根拠・主体の未定義性が相互に絡み合いながら同時に顕在化する点にある¹²。

この判断軸による整理は、既存の AI ガバナンス指針が採用する主体別の整理（開発者・提供者・利用者）と対立するものではなく、相補的な関係にある。主体別の整理が「誰が何をすべきか」を示すのに対し、本ホワイトペーパーの判断軸による整理は「何がどう決まっているか」を明らかにする。両者を組み合わせることで、同じ主体が複数の判断段階に関与する場合の責任の所在をより精密に議論できるようになる。

第 3 章では、これらの未定義性が現実の社会基盤において、どのような評価・検証上の問題として顕在化するのかを整理する。

¹² 「TM Forum IG1339 では、自動化レベル 4 の高価値シナリオとして障害復旧や最適化が例示されており、復旧時間・コストなど単一 KPI の定義が比較的容易なケースから自律化が進むと見込まれている。一方、Planning に関するシナリオは未整備の段階にある。」

第3章 現実の運用で何が起き、従来の検証はなぜ届かないのか

— 運用上の綻びと評価・検証の限界を一体で見る —

制御判断が端末・ネットワーク・クラウドに分散したとき、
運用現場では何が起き、なぜ従来の評価・検証ではとえきれないのか。
問題は「運用が難しくなる」ことではなく、
運用上の綻びと検証の限界が同じ構造から生じている点にある。

本章では、第2章で整理した三つの未定義性が現実の社会基盤においてどのような運用上の課題として顕在化しつつあるのかを整理するとともに、従来の評価・検証の枠組みがなぜ十分に機能しなくなりつつあるのかを一体的に検討する。ここで扱う課題は、個別技術の実装や運用上の工夫にとどまるものではなく、通信事業者にとっての設備投資の計画、資源配分、サービス品質の評価といった事業判断そのものに影響を及ぼす問題として現れるものである。

以下では、判断の位置と粒度の分散が生む運用上のねじれ（3.1 節）、判断の根拠の分散が説明・追跡を困難にする構造（3.2 節）、実行環境の制約が判断結果を歪める構造（3.3 節）を順に扱う。その上で、従来の評価・検証枠組みの限界を検討する（3.4 節）。

3.1 判断の位置と粒度が分散するとき、実運用で何が起きるか

2.1 節で整理したように、AI が関与する環境では判断の位置と粒度が実行時に決まる。この議論は、AI 制御の導入にあたり、エッジ・ネットワーク・クラウドのどのレイヤーに投資すれば効果が出るかという設備投資判断に直結する。実運用では、エッジ、ネットワーク、クラウドといった複数のレイヤーに、人・ルールベース制御・AI が判断主体として併存し、判断の位置、粒度、タイミングがずれ合うことで、構造的なねじれとして顕在化する。なお、この分散は物理的な配置だけでなく、プロトコル階層（物理層からアプリケーション層）にも及ぶが、本ホワイトペーパーでは物理配置の軸を中心に議論する。

また、制御判断が成立する時間スケールも重要な要素である。ミリ秒単位での応答が求められる運用領域では、人の介入は現実的ではなく、AI による自動実行が前提となる。一方で、秒・分・時間といったスケールでは、人と AI の協調や人による介入が想定される。空間的な粒度についても同様であり、セル単位の制御とエリア単位の制御、ネットワーク全体の資源配分では、判断に必要な情報も最適化の対象も異なる。このように、判断主体は時間軸と空間粒度に応じて分化しており、運用設計においてはこの違いを前提とする必要がある。

表 3-1 に、多層・多地点に分散した制御判断が引き起こす運用上のねじれの構成要素を整理した。同一のサービスに対して異なるレイヤーで独立した制御判断が同時に行われることで、制御の意図や効果が一貫しない状態が発生し得る。この問題をわかりやすい例で示すと、通信事業者のエッジ AI がトラフィック急増に応じて帯域制御を行う一方で、クラウド事業者の AI が同じ時間帯に GPU クラスターの電力制約から推論処理をエッジへオフロードした場合、両者の判断は互いの存在を前提としておらず、結果としてエッジノードに負荷が集中する。この例は、エッジを強化すべきかという設備投資判断が、クラウド側の AI の方針次第で変わることを意味しており、単一レイヤーの評価だけでは投資

判断が成立しないことを示している。事業者間の SLA で制約を定めることは可能だが、各主体の判断ロジックが学習と状態に依存して変化し続ける環境では、静的な合意だけでは対応しきれない場面が生じる。さらに、AI による判断は実行時の状態情報や内部状態に依存するため、外形上は同一の条件下でも、異なる時刻には異なる判断結果となる場合がある。

表 3-1 多層・多地点に分散した判断が引き起こす運用上のねじれの構成要素

観点	主要なねじれ	内包される具体的な要素
判断位置	判断位置の分散	判断主体の曖昧化 権限境界の不明確化 制御ループの重層化
判断粒度	判断粒度の違い	目的関数の違い 局所最適と全体最適の乖離 ^{かいり} サービス単位/インフラ単位の判断差
判断時間	判断タイミング差	制御周期の不一致 状態認識の時間差による認識のズレ フィードバック遅延
判断結果	判断の非一意性	内部状態依存 学習状態の更新依存 実行環境・時刻依存

3.2 なぜ判断の根拠に遡れなくなるのか

3.1 節で述べたように、AI ネイティブなネットワークでは、制御判断が多層・多地点に分散して生成される。この構造は、制御の柔軟性や適応性を高める一方で、判断の根拠を事後に説明・追跡することを著しく困難にするという課題を伴う。これは責任分界の整理（障害時に誰の判断が原因かを特定できるか）に直結する。

判断根拠の分散構造を表 3-2 に整理した。運用の具体的な場面では、障害対応時に「なぜこの制御が行われたのか」という問いに即座に答えることが難しくなる。例えば、3.1 節で述べたエッジノードへの負荷集中が障害として顕在化した場合、原因は通信事業者側の帯域制御にあるのか、クラウド事業者側のオフロード判断にあるのか、あるいは両者のタイミングの重なりにあるのかを切り分ける必要がある。しかし、各 AI の判断ログは事業者ごとに異なる形式・粒度で記録されており、判断時点の入力状態を事後に突合すること自体が容易ではない。短周期で更新される制御判断と長周期で更新される学習状態やポリシーが組み合わさる場合、事後の因果関係の切り分けは一層困難となる。加えて、AI の学習状態が運用中に更新される場合、同一条件下での再現性の確保も難しくなる。

求められるのは、リアルタイムでの監視に加え、事後的に判断の根拠を説明可能とするための証跡設計でもある。

表 3-2 AI が判断に関与するネットワークにおける判断根拠の分散構造

判断根拠の要素	主な所在・生成位置	特徴	説明・追跡上の課題
状態情報	エッジ、ネットワーク装置、クラウド	実行時に動的に取得	取得時点や粒度が揃わない
学習結果	AI モデル内部	運用中に更新され得る	過去状態を再現しにくい
過去の判断履歴	分散ログ、制御履歴	複数判断が連鎖	判断単位との対応が不明確
実行環境条件	計算資源、遅延、電力制約	状況依存で変動	判断前提が事後に変化
ポリシー・制約	人・運用ルール・設定	長周期で更新	実行時判断との乖離が生じやすい

補足：本表は、判断の根拠が単一の場所に集約されず、複数要素として分散して存在する構造を整理したものである。これらの要素が同時に作用することにより、判断の説明や事後に追跡することが困難になる。

ここでポイントとなるのは、AI の判断が「説明できない」という倫理や抽象的な議論ではない点である。実運用では、説明や追跡ができないことは、障害対応の遅延、関係者間の合意形成の困難化、検証結果の共有不能といった実務上の問題として顕在化する。判断の根拠が分散しているという構造そのものが、運用・検証プロセスに新たな負荷を与える。

3.3 正しい判断でも結果が歪む — 三つの未定義性の複合作用

AI for Network の制御判断が合理的であっても、それが実行される基盤の資源制約によって、結果が歪められることがある。3.1 節・3.2 節では、AI for Network（AI がネットワークを制御する側）の判断ロジックがレイヤー間・事業者間でどう絡み合うかを扱った。本節では視点を変え、AI for Network と Network for AI（判断を成立させる実行環境）が同一の物理基盤上で計算資源を奪い合う構造を扱う。

この問題をわかりやすく説明するとすれば、計算資源が限られるエッジノードの例が挙げられる。例えば、通信事業者が AI によるネットワーク制御の高度化を見込んで基地局近傍に MEC サーバを導入し、現在の O-RAN 環境でも導入が進む RIC の xApp によるスケジューリング最適化等を稼働させたとする。単体では期待通りの制御品質が得られたとしても、同じ MEC サーバ上でユーザー向けの AI 推論サービス（映像解析、生成 AI 等）が重なると、GPU/CPU のキューが逼迫し、通信制御の応答遅延に直結する。リソース分離による静的な対処や動的なリソースオーケストレーションといった高度な運用技術は存在するが、AI 推論の負荷が動的に変動する環境では、割当の最適値自体が実行時に変わるため、過剰な余裕は投資効率を下げ、不足すれば競合が生じるというトレードオフが残る。その結果、AI 制御による品質向上を見込んで行った設備投資が、同一基盤上の資源競合によって期待した効果を発揮できない場面が生じる。

こうした資源競合自体は事業者内のキャパシティ設計で対処し得るが、AI 推論の負荷はモデル更新やリクエスト変動、他事業者からのオフロードによって動的に変化するため、設計時の見積りだけで

は対応しきれない場面が生じる。さらに、この問題には三つの未定義性が複合的に作用している。同一の MEC サーバ上で、通信制御用の AI 推論とユーザー向けの AI 推論がそれぞれの程度の計算資源を使うかが実行時に変動し（位置の未定義性）、品質劣化の原因が xApp 自体か資源競合かクラウド側からのオフロードかを切り分けにくく（根拠の未定義性）、劣化の責任を通信制御側・サービス側・基盤管理側のいずれに帰属させるかも一意に定まらない（主体の未定義性）。

表 3-3a・表 3-3b は、AI による判断そのものが誤っていないくても、実行環境の制約や資源競合によって判断結果が歪んで観測される典型的なパターンを整理したものである。

表 3-3a 判断と実行の構造的乖離が評価・検証に及ぼす影響

何が起きるか	なぜ AI ネイティブで問題か	どう検証すべきか
判断と実行のタイムラグ	AI 推論の計算負荷で遅延が変動する	判断時刻と実行時刻を分けて記録
資源の奪い合い	AI 推論自体が GPU/CPU を消費する	資源競合の影響を切り分けて評価
制御同士の干渉	複数 AI の学習状態が異なる	制御間の相互作用を観測
異常時の停止判断	AI の判断空間が広く条件を列挙できない	想定外の停止・介入ルールを事前設計
フィードバックの振動	再学習で応答特性が変わる	安定性・収束性を評価指標に

表 3-3b 通信・計算・電力・運用制約が同時に作用することで顕在化する現象の例

制約要素	何が起きるか	どう検証すべきか
計算資源	AI 推論処理の集中で通信制御が後手に回り、負荷量がモデル更新で変動する	判断の正しさと実行遅延を切り分けて評価
通信	AI の判断タイミング自体が動的に変わり、制御周期とのずれで制御が不安定になる	通信周期との相互作用を含めて検証
電力・設備	ピーク時に電力・冷却制約で一部処理が実行されず、AI 推論の電力需要が学習状態で変動する	資源条件の変動を前提に評価
運用手順	AI の自動制御と承認プロセスの速度差で判断が遅延・抑制される	技術の合理性と運用上の成立性を分けて検証
複合（全体）	各制約が同時に逼迫し、AI 判断の動的変化により予見が困難になる	単一 KPI でなく余裕度・劣化傾向を含めて評価

3.4 まとめ — 従来の検証はなぜ届かず、何が問われるのか

本章では、AI ネイティブなネットワークにおける構造的課題を三つの観点から整理した。判断のねじれと投資判断への影響（3.1 節）、根拠追跡の困難（3.2 節）、計算資源の競合（3.3 節）である。これらの課題に共通するのは、従来の検証の前提——切り出し・再現・追跡——がいずれも成立しなくなるという点である。

従来のネットワーク検証は、三つの前提に依拠してきた。評価対象を切り出せること、条件を固定し結果を再現できること、判断の因果を追跡できることである。2.2 節で整理したように、AI for Network と Network for AI が循環的に結びつき、そこに判断主体としての AI が組み込まれることで、循環のたびに判断ロジック自体が学習を通じて変化する。この構造の下では、三つの前提がいずれも成立しにくくなる。判断の生成・実行・環境が一体となって挙動を形成するため、評価対象を単体と

して切り出せない（3.1 節の例では、品質低下がエッジ AI とクラウド AI のどちらに起因するかを分離できない）。内部状態や学習履歴が実行ごとに異なるため、同一条件を再現できない。判断根拠が複数のレイヤーと主体に分散するため、因果関係を一意に追跡できない（3.2 節）。

セキュリティ面でも同様の構造的問題が生じる。AI が制御判断を動的に生成・更新する環境では、「正常な適応動作」と「攻撃による異常動作」の区別が困難になり、従来の固定パターンに基づく検知手法の前提が崩れる¹³。この問題は三つの未定義性のいずれとも接続する。判断の位置が分散するため攻撃面が拡大し（位置）、判断根拠が追跡困難なため侵害の検知が遅れ（根拠）、判断主体が多層化するため防御責任の所在が曖昧になる（主体）。

この検証前提の崩れは、三つの実務的帰結をもたらす。第一に、設備投資の妥当性を事前に評価できなくなる。AI 制御の導入効果はレイヤー間の相互作用に依存するが、検証前提が崩れた環境では「導入した場合としなかった場合」はもとより、「どのレイヤーにどう配置するか」という構成パターンの比較を、同一条件下で検証する手段が失われ、投資判断の根拠を構成できない。第二に、評価・検証の設計そのものが困難になる。何を評価対象とし、どこまでを検証範囲とするかを事前に確定できないため、テスト項目の網羅性を担保する根拠がない。第三に、責任分界が成立しにくくなる。障害発生時に「どの主体のどの判断が原因か」を切り分けるには判断の因果を追跡できる必要があるが、三前提の崩れはまさにその追跡を困難にする。これらの点は、第 4 章で検証連携基盤の設計要件として改めて取り上げる。この方法論上の限界を前提とした上で、AI ネイティブネットワークの実現に向けて、評価・検証をどのような枠組みとして再構成し、どのような役割分担のもとで進めるのかを第 4 章で整理する。

¹³ AI が関与するネットワーク制御におけるセキュリティ、信頼性、自己回復に関する研究としては、6G オープン RAN 環境における Security/Privacy/Trust の整理（Porambage et al., 2025）、機械学習を用いた侵入検知や協調防御（Li et al., 2021；Ataa et al., 2024）、並びにサイバーフィジカルシステムにおける自己回復設計（Johnphill et al., 2023）などがある。これらはいずれも、AI 制御を個別機能としてではなく、ネットワーク全体の構造として考える必要性を示している。

コラム 4 どこに投資すれば効果が出るのか——ルーターの経路選択が示す検証連携基盤の意義

AI ネイティブネットワークにおいて「どこに投資すれば効果が出るのか」を判断するには、従来とは異なる検証の枠組みが必要になる。ルーターの経路選択という身近な例から、その理由を整理する。

従来のルーターでは、経路選択のルールは設計時に定義されている。OSPF（Open Shortest Path First）や BGP（Border Gateway Protocol）といったプロトコルに基づき、コストや AS-path 長といった明示的な基準で経路を選択する。ルーターの評価・検証は、所定のトラフィック条件を与えたときに、仕様どおりの経路選択・転送性能を発揮するかを確認すればよい。評価対象はルーター単体で閉じており、判断の根拠も設定ファイルやルーティングテーブルとして参照可能である。

AI ネイティブな環境では、同じルーターの経路選択であっても状況が異なる。例えば、サービス全体の遅延を最小化する目的で、あるルーターがトラフィックの経路を A から B に切り替えたとする。この切り替えは、ルーター自身の判断ではなく、エッジ側の AI がトラフィック急増を予測し、クラウド側の資源管理 AI が計算負荷の偏りを検知し、ネットワーク制御 AI が「現在の条件下では経路 B のほうが遅延を抑えられる」と推論して経路変更を指示した結果かもしれない。さらに、その推論自体が、電力制約によって特定のデータセンターの処理能力が一時的に低下していたことを反映している可能性もある。

ルーター単体を評価・検証の対象として切り出しても、経路変更という挙動の妥当性は判断できない。ルーターの転送性能は仕様どおりであり、動作に問題はない。しかし、AI ネイティブな環境では、経路選択という一つの挙動が、ネットワーク制御 AI、クラウド側の資源管理、電力制約といった複数レイヤーの判断と環境条件の相互作用として成立している。このため、「なぜこの経路が選ばれたのか」「その選択はどの前提条件のもとで成立しているのか」を切り分けて説明することが難しくなる。

この説明の困難さは、障害発生時の事後分析にとどまらない。むしろ重要なのは、それが設計や投資に関わる日常的な意思決定を直接制約する点にある。この経路選択が、ネットワーク制御の判断によるものなのか、計算資源の不足を回避するためのものなのか、あるいは電力制約の反映なのかを切り分けられなければ、「次にどこに手を打つべきか」を合理的に判断することができない。ネットワークを増強すべきなのか、計算資源を追加すべきなのか、電力基盤を見直すべきなのかは、現在の構成においてどの要素がどの挙動を規定しているかが比較できて初めて判断可能となる。

さらに、同じサービス品質を実現する場合であっても、ネットワーク制御で吸収する構成、計算資源の冗長化で吸収する構成、AI の判断精度で吸収する構成では、コスト構造もリスク特性も大きく異なる。これらを事前に比較できなければ、投資判断は個別設備の積み上げに依存せざるを得ない。

この比較を可能にするには、判断の連鎖を再構成し、構成や条件を変えながら挙動を比較できる検証環境が必要になる。しかし、判断の連鎖が通信事業者のネットワーク制御、クラウド事業者の資源管理、電力事業者の供給制約にまたがっている以上、こうした環境は一社では構築できない。

検証連携基盤が求められるのは、障害が起きたときの事後対応のためだけではない。「どこに投資すれば効果が出るのか」「どの構成が全体として優れているのか」という日常的な意思決定を、個別の事業者の内部に閉じた検討ではなく、関係者が共通の条件のもとで比較できるようにするためである。

第4章 どう検証し、誰が何を引き受けるのか — 検証連携基盤の構想

— 産学官が持ち寄り、比較・競争・検証する場の設計 —

第3章までの分析は、一つの結論を指し示している。
AI が関与するネットワークの検証は、個々の検証では完結しない。
では、誰が何を引き受け、どのような場で比較・検証すればよいのか。
本章では、産学官が共通の条件のもとで持ち寄り、
競争しながら検証する枠組み——検証連携基盤の構想を提示する。

本章では、3.4 節で整理した三つの実務的帰結——設備投資の妥当性、評価・検証の設計、責任分界——に応えるための検証連携基盤の構想を示す。まず技術検証から検証連携プロセスへと視点を拡張する意義を整理し（4.1 節）、次に関係主体ごとの役割と引き受け範囲を明確化する（4.2 節）。さらに、それらを支える検証連携基盤の機能構造と設計思想を示す（4.3 節）。

4.1 なぜ「正しく動くか」の検証だけでは足りないのか

従来のネットワーク検証が問うてきたのは「技術的に正しく動くか」であった。しかし、3.4 節で整理したように、AI ネイティブネットワークでは検証の三前提（切り出し・再現・追跡）が崩れ、それだけでは足りない問いが複数存在することになる。まず、意思決定の根拠として、投資効果・責任切り分け・構成比較は従来から問われてきたが、検証の三前提が崩れた環境ではこれらに答える手段自体が失われている。

さらに、AI が判断に関与することで、技術の選定や運用設計の現場で日常的に直面しながらも、明確な答えのないまま先送りされている問いが加わる。「AI の実行空間をどう設計し、誰がどこまでの自由度を与えるか」「想定外の条件下で誰がどの段階で制御を切り替えるか¹⁴」「判断の根拠をどこまで追跡・記録すれば説明責任を果たせるか」「異なる実装を公平に比較するために何を共通条件とするか」「学習更新のたびに検証をどうやり直すか」「AI の正常な適応動作と攻撃による異常動作をどう区別するか」といった論点である。これらはいずれも、それぞれの団体で一部議論されていることもあるが、特定の業界や標準化の枠内だけでは答えが完結しない性質をもち、暗黙の前提のまま残されている。

その理由は三つある。第一に、AI の判断は学習更新によって変化し続けるため、ある時点で合意した仕様が次の更新後も有効とは限らない。検証は一度きりの適合確認ではなく、継続的に行える仕組みが求められる。第二に、停止基準や説明責任の水準、比較条件といった前提は、仕様書上の定義ではなく、関係主体間の実務的な合意なしには機能しない。第三に、判断の連鎖が事業者の境界をまたいでいるため、全体挙動を確認するには複数主体の環境を実際に持ち寄る必要がある。仕様の合意だ

¹⁴ 本文でいう切替機構は、一般に「AI-KILL-SWITCH」と呼ばれる概念に相当する。これは AI 制御を完全に停止することを目的とするものではなく、運用上の安全確保や検証可能性の確保のために、判断・制御主体を一時的に切り替える手段として整理されている。なお、技術的なフォールバック機構（3GPP）、運用レベルの定義（TM FORUM）、法的な人間監視義務（EU AI ACT）はそれぞれ存在するが、「いつ誰が切り替えるか」についての統一的な基準は確立されていない。

けでは足りず、実環境での比較検証の場が求められる。検証連携基盤の有無が意思決定の各局面にもたらしうる差の例を表 4-1 に示す。

以上を踏まえ、本ホワイトペーパーでは、こうした合意形成プロセスが目指すべき方向性を次のように提示する。――AI ネイティブネットワークの実現に向けて、異なる役割と立場を担う複数の主体が、共通の条件のもとで技術や環境を持ち寄り、比較・検証を継続できる枠組みを確立すること。

検証連携は競争領域の開示を求めるものではない。比較の対象は各主体の AI の内部ロジックではなく、共通条件下での結果である。共通の条件を設定し、その条件下での振る舞いの傾向と許容範囲を持ち寄ることで、内部ロジックを開示せずとも検証は成り立つ。また、検証連携がなければ、比較条件が揃わないまま導入判断を迫られ、障害時の責任は事後交渉に委ねられる。こうした意思決定の遅延や手戻りのコストはすでに発生しているが、可視化されていないだけである。検証連携基盤は新たな負担を求めるものではなく、すでに負っているコストを構造化する試みである。検証連携の条件や範囲をどう設定すべきかを含め、関係する主体が集まって議論すること自体が、この枠組みの出発点である。

表 4-1 検証連携基盤が意思決定にもたらしうる実務的な機能（例）

意思決定の局面	現状	検証連携基盤がある場合
投資判断	効果の現れるレイヤーが見えにくく、個別設備単位での評価にとどまる	異なる構成を同一条件下で比較し、どの構成にいくら投じるべきかの判断根拠を得られる
設計選択	比較条件が揃わないため、選択肢の評価が難しい	本質的な差分を切り分け、特定ベンダーへの依存を避けた設計判断ができる
SLA・責任分界	品質変動の原因特定に時間がかかり、事後対応が中心になる	綻びの条件を事前に特定し、SLA 条件や責任範囲を根拠をもって設定できる
失敗の共有	失敗の前提条件が共有されにくく、個社の経験にとどまる	成立しなかった前提を共有し、同じ失敗の繰り返しを産業全体で防げる
新規導入の検証	何を観測し比較すべきかの基準が定まりにくい	検証項目を事前に設計し、導入のリスクと効果を導入前に評価できる

4.2 誰が何を持ち寄るのか ― 主体別の条件・知見

AI ネイティブネットワークでは、AI 制御・ルールベース制御・人による判断が混在し、判断主体は状況に応じて動的に移り変わる。このため、責任を特定の主体に固定的に割り当てるのではなく、「どの条件下で何が起きるか」を事前に検証可能にしておくことが重要になる。なお、以下の主体区分は機能上の整理であり、一つの組織が複数の役割を兼ねる場合もある。表 4-2 では、この検証に各主体がどのような条件や知見を持ち寄れる可能性があるかを例示した。なお、表 4-2 では技術的な主体を中心に整理しているが、検証結果が最終的に届く先は通信サービスの利用者である。検証連携基盤が生み出す比較データや評価指標は、サービス選択の判断材料として、また事業者の説明責任を裏づける根拠として、利用者への透明性確保にも資するものとなる。

表 4-2 検証連携基盤に各主体が持ち寄る条件・知見（例）

主体	持ち寄る条件・知見等
技術・開発	
技術主体 (AI アルゴリズム・モデル開発)	<ul style="list-style-type: none"> ● 自社の AI 制御が他構成要素に与える影響を可視化するため、挙動条件と許容範囲を提示 ● 学習・更新後の性能変化を事前に把握するため、更新影響の検証データを提供
AI プラットフォーム事業者	<ul style="list-style-type: none"> ● AI 制御の判断根拠を追跡可能にするため、推論基盤の構成条件とモデル更新履歴を提示 ● AI 基盤の切替・移行時の影響を事前に把握するため、API 仕様と互換性条件を提供 ● AI ワークロードの通信要件をネットワーク設計に反映するため、トラフィック特性・遅延許容・帯域需要等の負荷条件を提示
端末・デバイスメーカー	<ul style="list-style-type: none"> ● エッジ判断とネットワーク判断の不整合を防ぐため、端末側の制約条件（処理能力・遅延特性）を提示 ● 端末起因の障害を切り分け可能にするため、端末挙動の検証データを提供
運用・提供	
通信事業者	<ul style="list-style-type: none"> ● マルチベンダー環境の相互運用性を担保するため、構成・制御ポリシーの検証条件を提示 ● AI 導入の投資判断を裏づけるため、SLA 適合性の比較評価データを蓄積 ● 障害時の原因特定を迅速化するため、構成変更・障害時の判断ログと対処履歴を蓄積 ● 制御切替時のサービス影響を最小化するため、フォールバック手順の有効性を検証
クラウド/データセンター事業者	<ul style="list-style-type: none"> ● 自社に起因しない障害との切り分けを可能にするため、実行環境の制約条件を提示 ● 複合的な負荷条件下での影響を事前に把握するため、挙動データによる事前評価を提供 ● 異常検知の誤判定を減らすため、判定条件と閾値設定の妥当性を検証
電力事業者	<ul style="list-style-type: none"> ● 電力変動に起因する AI 制御への影響を未然に把握するため、供給変動条件と制約を提示 ● 電力起因の障害を切り分け可能にするため、変動影響の検証データを提供
利用・評価	
利用者・ユーザ企業	<ul style="list-style-type: none"> ● AI 制御がサービス品質に与える影響を事前に把握するため、利用条件・要求水準を明示 ● 想定外の挙動による業務影響を低減するため、業務要件との適合性を検証
制度・安全	
セキュリティ専門機関	<ul style="list-style-type: none"> ● AI 特有の脅威への対応力を高めるため、脅威シナリオと評価基準を提示 ● 正常な適応と攻撃の誤認を防ぐため、識別手法の有効性を検証
公的機関等	<ul style="list-style-type: none"> ● 検証結果を制度設計に反映可能にするため、制度的要件と検証基準の枠組みを提示 ● 技術進展に制度が追従するため、検証結果の制度へのフィードバック経路を設計

4.3 検証連携基盤は何かできないか

前節で各主体が持ち寄る条件・知見を整理し、これらを機能の性質ごとに束ねると、四つの領域が浮かび上がる。

四つの機能領域の構成

検証連携基盤を構成する四つの機能領域を以下に示す。AI 制御判断領域、観測・評価・検証領域、実行・リソース基盤領域、相互運用・競争設計領域の四つが相互に連携する。前節で各主体が持ち寄る条件・知見は、これらの領域に分類され、それぞれの機能を形作る。各領域において具体的に検討

が必要となる論点は付録 D に整理している。各領域は独立に機能するのではなく、相互に連携することを前提とする¹⁵。

1. **AI 制御判断領域**：ネットワーク制御を行う AI モデルの設計・学習・推論を担う領域である。判断の透明性・再現性・説明性の確保が求められ、他の領域と連携可能な形で判断結果を出力する。また、ネットワーク品質（遅延・帯域）が AI の推論結果に与える影響も、この領域の検証対象に含まれる。
2. **観測・評価・検証領域**：AI 制御モデルの動作を仮想環境または部分実機で検証し、性能を可視化・観測する領域である。スループット、遅延、安定性などの KPI をベンチマークし、判断結果の妥当性を評価する。あわせて、ネットワークやインフラの状態変化が AI の挙動に与える影響も計測対象とする。
3. **実行・資源基盤領域**：通信ネットワーク、クラウド、データセンター、電力・冷却設備など、判断結果が実際に実行される基盤である。AI ネイティブ環境では、AI 自身も計算資源を消費する主体であり、資源競合が発生し得るため、この領域自体が重要な検証対象となる。各主体が既に保有する検証環境等を相互に連携させ、共通条件下での比較検証を可能にすることも、この領域の重要な役割である。
4. **相互運用・競争設計領域**：これらの領域を接続し、最低限の共通仕様やルールを定義しながら、競争と共創を両立させる役割を担う。AI 基盤とネットワーク基盤の間のリソース配分に関するルールもこの領域で扱う。標準化団体、公的機関、産学官連携コンソーシアムなどが担い手として想定され、標準化前の実装検証と競争の場として機能することが期待される。特定のプラットフォームが提供する検証環境は、そのエコシステム内では有効であっても、条件設定や結果の帰属が提供者側に依存するため、多主体間の中立的な比較検証には適さない。この領域は、検証条件の設定と結果の管理を参画主体の合意に基づいて行う点で、既存の特定基盤とは本質的に異なる。

¹⁵ ETSI や ITU を中心とする国際的な議論では、物理レイヤーから制御・運用までを一体として扱う評価・検証手法の重要性が指摘されている。測定、シミュレーション、エミュレーションを連動させた検証アプローチは、AI が判断に関与するネットワークの信頼性確保に向けた現実的手法として注目されている（ETSI, ITU）。

また、通信事業者やプラットフォームベンダーにより、現実の運用環境を反映したデジタルツイン構築も進められている。例えば、NTT ドコモは 5G ネットワークを対象としたデジタルツインにより RAN 規模での挙動検証を実施しており、NVIDIA Omniverse は製造・ロボティクス分野において AI 制御と通信を統合したデジタルツイン環境を提供している。無線ネットワークでは、建物配置や地形、移動体といった物理・空間要因が通信品質に大きく影響するため、都市スケールでの高忠実度なデジタルツインが AI 制御の妥当性評価において重要とされている（NTT ドコモ；NVIDIA）。

四つの領域の循環構造（図 4-1）

循環構造を機能させるには、AI にどこまでの自由度を与えるかについて「条件を定めた実行空間」を設計することが前提となる。この設計には、責任・説明・ガバナンスといった ELSI の観点も関わる（付録 E）。上記の四つの領域が担う機能要件を、領域ごとに整理すると以下ようになる（表 4-3）。

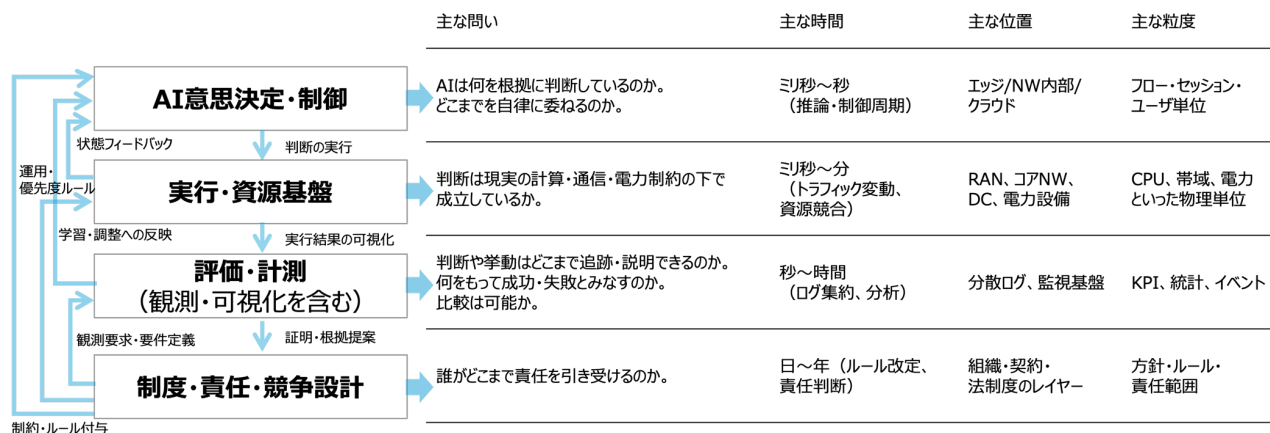


図 4-1 AI ネイティブなネットワークにおける判断・実行・評価・制度の循環構造

循環構造を機能させるには、AI にどこまでの自由度を与えるかについて「条件を定めた実行空間」を設計することが前提となる。この設計には、責任・説明・ガバナンスといった ELSI の観点も関わる（付録 E）。上記の四つの領域が担う機能要件を、領域ごとに整理すると以下ようになる（表 4-3）。

表 4-3 検証連携基盤の機能領域と機能要件

機能領域	機能要件
AI 制御判断	<ul style="list-style-type: none"> 判断の根拠と過程を追跡し、説明可能な形で記録できること 学習・更新後の挙動変化を検出し、再検証できること
観測・評価・検証	<ul style="list-style-type: none"> 異なる AI モデルの判断を、共通条件下で比較・評価できること 複数主体の KPI を共通基準で計測・比較できること
実行・資源基盤	<ul style="list-style-type: none"> 実環境に近い条件（通信・計算・電力の制約を含む）で検証を実行できること
相互運用・競争設計	<ul style="list-style-type: none"> 競争領域の内部を開示せずに、検証結果を共有・比較できること 検証条件とルールを関係主体間で合意し、継続的に更新できること

4.4 まとめ — 構造の整理が検証を可能にし、参画の動機を生む

本章では、AI ネイティブネットワークにおける検証の課題を三つの段階で整理した。まず、従来の検証の前提が崩れる理由と、それに代わる検証連携の必要性を示し（4.1 節）、次に、各主体が持ち寄る条件・知見を整理し（4.2 節）、それらを束ねる四つの機能領域と循環構造、および機能要件を提示した（4.3 節）。この構造の整理により、従来は個別に閉じていた検証を、主体間で共通条件のもとに行う道筋を探ることが可能になる。

検証連携基盤への参画は、各主体にとって実務的な意義がある。検証コストを共同で分担できると、障害時の判断根拠の追跡と責任の切り分けに共通の基盤が使えること、そして検証実績に裏づけられた提案を国際標準化の場に持ち込めること——いずれも、単独では得がたい実務上の利点である。さらに、検証に必要なデータや API の提供・利用を通じた経済的循環が生まれれば、基盤への参画自体が事業機会となり、自律的なエコシステムの形成につながる。

AI ネイティブネットワークの検証は、もはやどの主体にとっても単独で完結できる規模ではない。検証連携基盤は、各主体が自らの強みを持ち寄り、共通条件下での比較と検証を通じて、技術の信頼性と事業判断の根拠を共に築いていく場である。

第5章 何から始めるか ― 段階的な実証の進め方

― 完成形ではなく、検証と対話の反復から始める ―

第4章では、検証連携基盤の構造と機能要件を整理した。しかし、この基盤は完成形を一度に構築するものではない。検証と対話を反復しながら、前提そのものを更新していくプロセスとして段階的に進める必要がある。

AI と通信の融合に対する世界のアプローチは、規制先行型、市場主導型、国家主導型など多様であるが、日本は制度と実装の対話を重ねながら段階的に進めるソフトローの土壌を持つ。この特性は、検証連携基盤のように多主体間の合意形成を前提とする取り組みにおいて強みとなり得る。

具体的には、以下の三段階での移行が想定される。

第1段階（短期）：限定的なユースケースにおけるAI制御の部分導入と、制御判断の可観測性の確保。既存のルールベース制御との並行運用を前提とし、AI判断と非AI判断の比較データを蓄積する。あわせて、検証連携基盤の要件と構成について関係者間で議論を開始し、共通条件や評価指標の合意形成を進める。

第2段階（中期）：検証連携基盤を活用した複数主体・複数実装の比較検証。投資効果の成立条件、責任分界のパターン、評価指標の妥当性を、実証に基づいて具体化する。制度設計へのフィードバックもこの段階で開始する。

第3段階（中長期）：検証済みの範囲を段階的に拡大し、AI制御の適用領域と自律度を引き上げる。各段階の安全性と効果が検証連携基盤を通じて確認されることが、次の段階に進む合理的根拠となる。また、検証に必要なデータやAPIの提供・利用を通じた経済的循環が成熟し、基盤への参画自体が事業機会となるエコシステムの形成もこの段階で目指す。

本ホワイトペーパーは、AIネイティブネットワークへの移行に伴う構造上の問いを整理し、関係者が共有可能な形で言語化することを目的として作成した。この整理が、次の具体的な議論や実証、連携へとつながる共通言語となることを期待したい。

付録 A：用語・概念の定義

本付録は、本ホワイトペーパー上の主要な用語の定義を整理したものである。

用語	定義
AI	本ホワイトペーパーにおいて「AI」とは、機械学習や推論技術を用いて、通信ネットワークや計算資源の制御・運用・構成、またはそれらに関わる判断や選択に関与するソフトウェアの機構を指す。必ずしも自律的に学習を継続する存在に限定されるものではなく、あらかじめ設計されたモデルやルールと組み合わせられ、特定の目的と制約条件の下で判断を行う仕組みを含む。
AI（判断主体）	本ホワイトペーパーにおいて、通信ネットワークの制御に関わる方針・最適化目標・制約条件を踏まえて判断を生成する論理的な主体を指す。単一の物理実体やアルゴリズムを意味するのではなく、複数のAI機構が分散して実装され得る概念的な存在として位置づけられる。図 2-2 における中央の「AI（判断主体）」に対応する。
通信ユーザーとしての AI	通信・計算・遅延・信頼性といった資源を利用する側に位置づけられる AI。アプリケーションやサービスの一部として動作し、自身の処理要件や性能要求を通信基盤に対する要求として提示する。図 2-2 の下部に位置する。詳細は付録 C 参照。
制御・実行系の AI	判断主体としての AI が生成した判断を、具体的な制御としてシステムに反映する役割を担う AI 機構。ネットワーク装置や基盤に近い位置で動作し、個別機能として実装されることが多い。図 2-2 の左側に位置する。詳細は付録 C 参照。
AI の判断項目	本ホワイトペーパーにおいて「AI の判断項目」とは、AI がネットワークや計算資源の制御・運用において具体的に担う判断対象を指す。これには、経路選択、帯域配分、無線資源割当、構成変更の要否判断に加え、処理配置、推論頻度、実行タイミングなど、計算資源に関わる選択を含む。
AI が判断に関与する	「AI が判断に関与する」とは、通信ネットワークの設計・運用・制御における判断過程の一部を AI が担い、その結果がネットワークや社会基盤の挙動に影響を及ぼす状態を指す。本書では、AI が直接制御を行う場合に限らず、① AI 判断に基づき人や他システムが実行する形態 ② AI の要件に応じてネットワーク側が制御される形態 ③ AI の判断とネットワーク状態が相互に依存する形態 ④ 判断結果が社会・公共インフラへ波及する形態を含め、これらを「判断主体の移動」という共通構造として捉える。AI が判断に関与する度合いが深まり、制御判断が実行時に動的に生成・更新されることがネットワーク運用の前提となった状態が、本ホワイトペーパーでいう「AI ネイティブネットワーク」である。
AI for Network	AI を用いて、通信を含むネットワークインフラの制御・運用・最適化を行うアプローチ。
Network for AI	本ホワイトペーパーにおける「Network for AI」とは、AI の性能最大化のみを目的としたネットワーク最適化を指すものではなく、AI が判断主体として関与する社会基盤を成立させるために、通信、計算資源、データ流通、実行基盤、エネルギー制約といったインフラ全体が引き受ける制約条件、責任、設計前提を指す。
AI ネイティブネットワーク（AI-native Network）	AI を後付けの最適化手段ではなく、ネットワーク運用の前提として組み込んだ構造、またはその設計・実装形態を指す。AI がネットワークを制御する側面（AI for Network）と、AI の推論・学習を成立させるための基盤としての側面（Network for AI）の双方を含む。制御・判断・最適化は人と AI の協調の下で動的に行われ、運用の成熟度や適用領域に応じて、AI の関与は補助的な役割から主導的な役割へと段階的に移行し得る。従来のネットワークでは制御の論理を設計時に確定できたが、AI ネイティブネットワークでは制御判断が実行時に動的に生成・更新されるため、「何がどこで誰の判断で動いているか」を事前書き下すことができない。この構造的な違いが、設備投資の妥当性評価、システムの検証、障害時の責任分界といった従来の枠組みに問い直しを迫る。

制御判断（本ホワイトペーパーにおける）	本ホワイトペーパーで「判断」と呼ぶ概念は、従来のオーケストレーターによる静的な制御指示や、単体の AI エージェントによる個別推論とは異なる。人間が設定したルール、AI が実行時に生成する推論、インフラの物理的制約、そしてこれらの間の循環的な相互作用から動的に立ち現れる構造的な営みを指す。したがって、判断の「正しさ」を単一の主体やアルゴリズムに帰属させることは構造的に困難である。
判断構造	本ホワイトペーパーにおいて、AI、通信、運用、制度といった複数の層にまたがって成立する判断のあり方を捉えるための基盤的概念。本ホワイトペーパーにおける「判断構造」とは、AI ネイティブネットワークにおいて、判断がどこで生成され、どの主体が関与し、どの粒度及び時間軸で更新され、それらが実行、評価、責任分界とどのように結びついて全体の挙動を形成しているかを規定する関係性の全体を指す。
三つの未定義性	AI ネイティブネットワークにおいて、制御判断の位置（どこで判断が生成されるか）、根拠（何に基づいて判断されるか）、主体（誰が判断を引き受けるか）が設計時に確定できない構造的状況を指す。本ホワイトペーパーでは、この三つの未定義性を 2 章の議論の基盤として位置づけている。
層/レイヤー	技術的な機能分担やアーキテクチャ上の階層構造を示す場合には「レイヤー」を用い、制度・責任・判断などの概念的・分析的観点を示す場合には「層」を用いる。
自律ネットワーク	人手による設定や運用を最小化し、AI や自動化技術により、状態認識・判断・実行を自律的に行うネットワーク。自律性のレベルに応じて段階的に進化するとされる。
API（Application Programming Interface）	異なるシステムや機能を接続するためのインタフェース。本書では、特定仕様を固定するのではなく、持ち込み型で相互接続を可能にする設計を重視する。
責任分界	障害や判断の誤りが生じた際に、どの主体がどの範囲で責任を負うかの境界を指す。AI ネイティブネットワークでは、判断が複数の主体・レイヤーにまたがって動的に生成されるため、従来のように契約や設計時の取り決めで事前に確定することが困難になる。
循環構造	検証連携基盤における四つの機能領域（AI 制御判断、観測・評価・検証、実行・資源基盤、相互運用・競争設計）が、制御判断の生成→実行→観測→評価→次の判断という流れで相互に連携し、継続的に回り続ける構造を指す。図 4-1 に対応する。
検証連携基盤	複数の主体が、それぞれの条件・知見・検証環境を持ち寄り、共通条件下で AI ネイティブネットワークの挙動を比較・検証するための基盤。単なる技術検証の場ではなく、投資判断の根拠形成、責任分界の合意、制度設計へのフィードバックを含む制度的基盤としての性格を持つ。特定のプラットフォームに依存しない中立性を前提とする。

付録 B-F (Web 掲載)

本文の理解を補助する参考資料として、付録 B から付録 F には、政策・制度整理、技術論点整理、ELSI 論点、参考文献等が含まれる。

Web ダウンロード付録は、以下の URL から入手可能である。

<https://www2.nict.go.jp/aipromo/whitepaper/appendix.html>



本資料の内容は、公開時の情報に基づくものである。公開後に判明した誤記の修正や、政策・ガイドラインの更新を踏まえた補足情報は、上記 URL にて随時更新する。

謝辞

本ホワイトペーパーの作成にあたり、2025 年 10 月 29 日から 30 日の 2 日間にわたり、NICT Open Summit 2025 を開催しました。本イベントでは、NICT 内部の研究者に加え、情報通信、AI、データ利活用等の分野において先端的な取り組みを行う産業界の関係者など、多様な参加者が参画し、実装や社会展開の観点から活発な議論が行われました。

本ホワイトペーパーは、同イベントにおける講演やパネルディスカッション、ならびに参加者間での意見交換を通じて得られた多くの示唆や問題意識を背景として作成したものです。

個々の発表内容や見解を特定して参照・引用するものではありませんが、イベント全体を通じて交わされた議論が、本書の構成や論点設定に大きな示唆を与えています。

本イベントを通じて貴重な知見をご提供いただいた関係各位に、ここに深く感謝の意を表します。

作成担当

役割	組織・部署
総括	AI 研究開発推進ユニット
企画	AI 研究開発推進ユニット
企画協力	Beyond5G ユニット
企画協力	経営企画部 企画戦略室
編集	AI 研究開発推進ユニット
取りまとめ	AI 研究開発推進ユニット
表記・体裁確認（校正）	広報部 報道室

機構内技術レビューの協力者一覧（50 音順）

役割	氏名	所属研究所等
技術的助言	茨木 久	顧問
技術的助言	石津 健太郎	Beyond5G 研究開発推進ユニット
技術的意見提供	加藤 豪	未来 ICT 研究所小金井フロンティア研究センター
技術的助言	川崎 耀	ネットワーク研究所ワイヤレスネットワーク研究センター
技術的助言	神谷 俊之	ユニバーサルコミュニケーション研究所
技術的意見提供	木俣 豊	執行役
技術的助言	原井 洋明	ネットワーク研究所
技術的助言	班 涛	サイバーセキュリティ研究所 AI セキュリティ研究センター
技術的助言	平山 孝弘	ネットワーク研究所
技術的助言	竇迫 巖	Beyond5G 研究開発推進ユニット
技術的助言	安井 元昭	理事

※技術レビューは、本ホワイトペーパーの作成過程において技術的観点からの意見・助言を目的として実施したものであり、内容の最終的な責任は AI 研究開発推進ユニットに帰属します。

奥付

書名：

AI-Native Networks White Paper — AI と通信の融合がもたらす未来 —

版：

Version 1.0

ISBN：

978-4-904020-46-3

公開日：

2026 年 2 月 16 日

発行・問い合わせ先：

国立研究開発法人情報通信研究機構 AI 研究開発推進ユニット

National Institute of Information and Communications Technology：NICT

AI Research and Development Promotion Unit

〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

E-mail：AI-prom-pub@ml.nict.go.jp

<https://www2.nict.go.jp/aipromo/>

正誤表・追補情報：

<https://www2.nict.go.jp/aipromo/whitepaper/appendix.html>

本資料の内容は、公開時点の情報に基づいています。本ホワイトペーパー公開後に判明した誤記の修正や、政策・ガイドラインの更新を踏まえた補足情報は、上記 URL にて随時更新しています。

ご意見・論点提起について：

本ホワイトペーパーは、今後の議論の土台として公開しています。

内容に関するご意見や、議論すべき論点の提起については、上記 Web ページにてご案内している方法により受け付けています。

※ 個別の回答や公開をお約束するものではありませんので、あらかじめご了承ください。

本書は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。

著作権法で認められた場合を除き、本書の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記載願います。

The publication is protected by copyright law and international treaties.

No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of NICT, except to the extent permitted by applicable law. Any quotations must be appropriately acknowledged.

If you wish to copy, reproduce display or otherwise use this publication,

please contact AI-prom-pub@ml.nict.go.jp.

国立研究開発法人情報通信研究機構

AI研究開発推進ユニット

E-mail:AI-prom@ml.nict.go.jp

