

AI/MLによるネットワーク運用と 自律型ネットワークに向けて

JANOG51

2023/01/27 10:45~11:30 (発表35分、質疑10分)

3F会議室

KDDI総合研究所

宮坂拓也

■ 名前: 宮坂拓也 (みやさかたくや)

■ 経歴

- **2011/4~2018/3: Network Engineer (KDDI)**
 - KDDIのバックボーンネットワークの開発業務 (ルーター導入)
 - IETFにおける標準化活動
- **2018/4~2021/9: Research engineer (KDDI総合研究所)**
 - 自動運転/コネクティッドカーのための通信インフラに関する研究開発
- **2021/10~ (現在): Senior manager (KDDI総合研究所)**
 - ネットワーク運用に関する研究開発をリード
- **その他社外委員**
 - JANOG 運営委員
 - 電子情報通信 インターネットアーキテクチャ研究会 専門委員

本日の話題



■自律型ネットワークについて

■AI/MLによるネットワーク運用

- AI/MLによるネットワーク運用の概要
- ネットワーク運用へのAI/ML技術適用に向けた課題

■自律型ネットワークについて

→最新のNW動向について概要を知ってほしい

■AI/MLによるネットワーク運用

- AI/MLによるネットワーク運用の概要
- ネットワーク運用へのAI/ML技術適用に向けた課題

→具体的なAI/MLの利用について知ってほしい

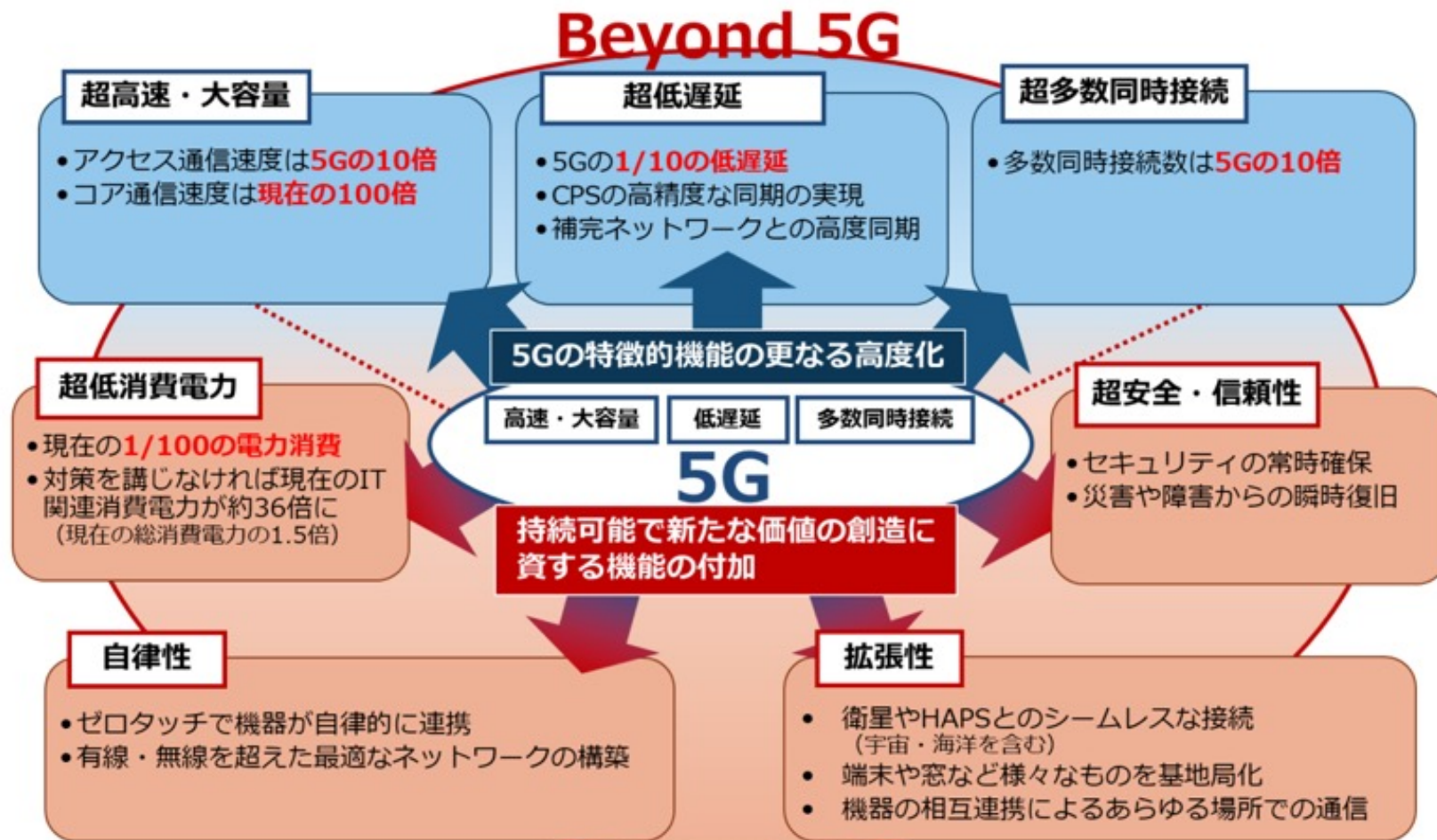
→導入に向けた議論をしたい

■自律型ネットワークについて

■AI/MLによるネットワーク運用

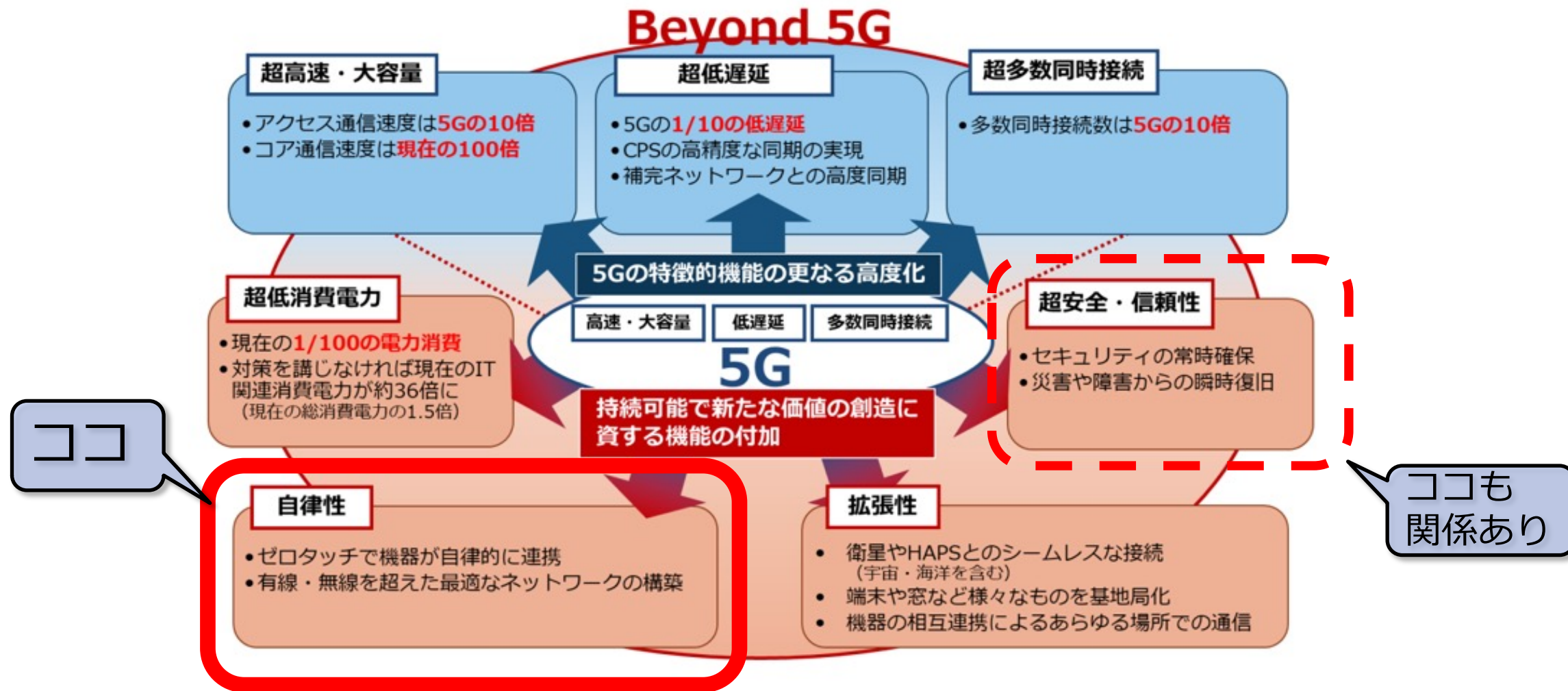
- AI/MLによるネットワーク運用の概要
- ネットワーク運用へのAI/ML技術適用に向けた課題

(図表3 : Beyond 5G に求められる機能)



https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf

(図表3 : Beyond 5G に求められる機能)



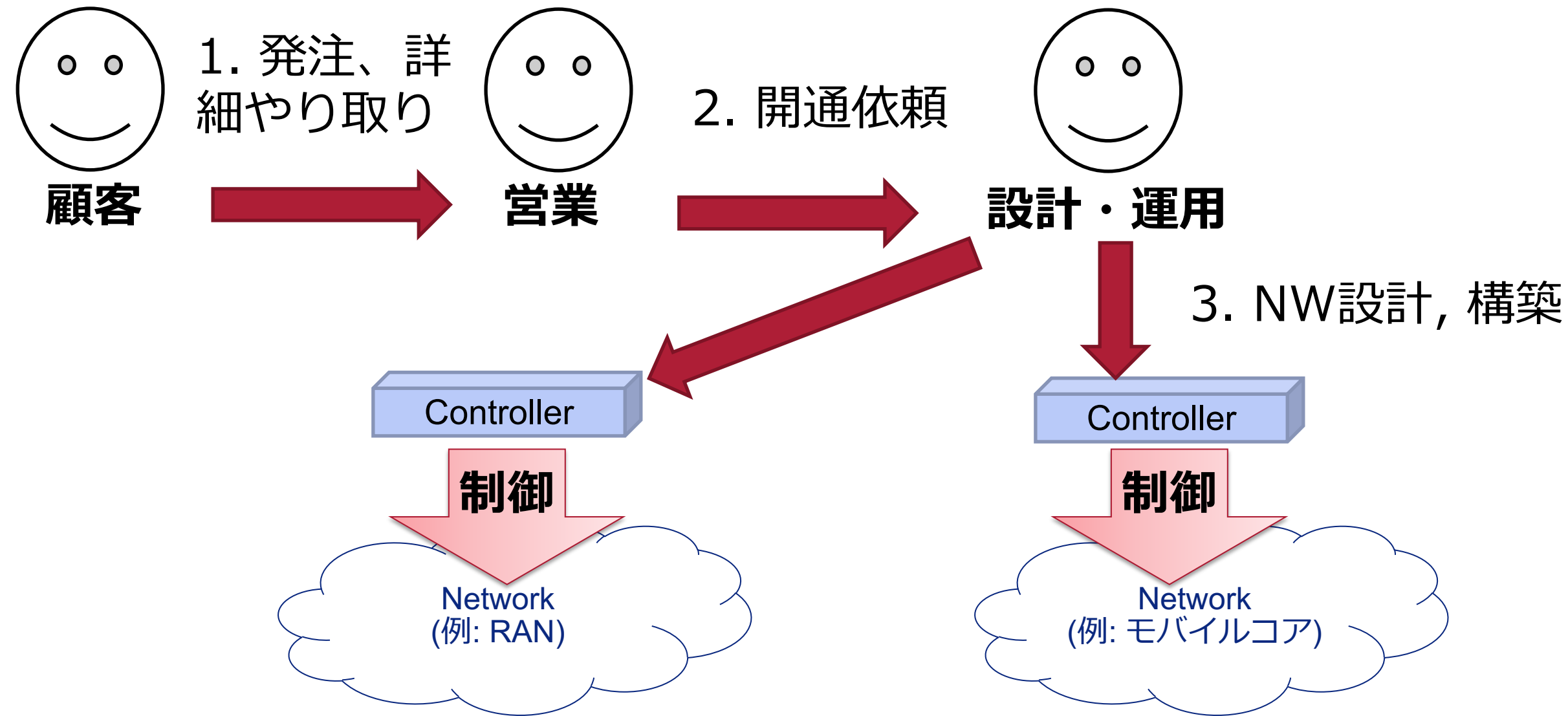
https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf

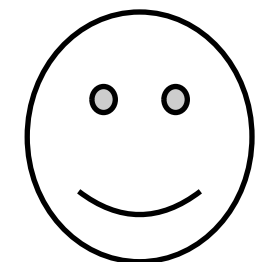
■自律性 (Autonomy)

- 自律した性質のこと、それ自身だけで調整したりコントロールしたりすることができるような性質や傾向のこと。
- <https://www.weblio.jp/content/%E8%87%AA%E5%BE%8B%E6%80%A7>

■自律性 + ネットワーク = 自律型ネットワーク (Autonomous Network)

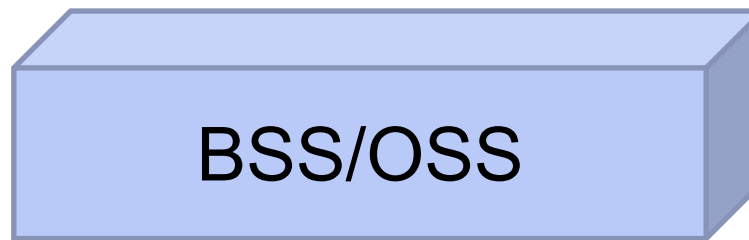
- 上の言葉の定義を引用すると、以下のようなネットワーク
 - ・ ネットワーク自身だけで調整したりコントロールしたりするネットワーク
- 「ネットワークのあるべき姿・状態」は人間が指定する必要がある
 - ・ このような情報を **Intent** と呼ぶ



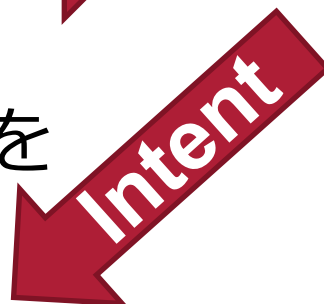


10Gbps流せるモバイル
NWを作ってほしい！

運用者・顧客

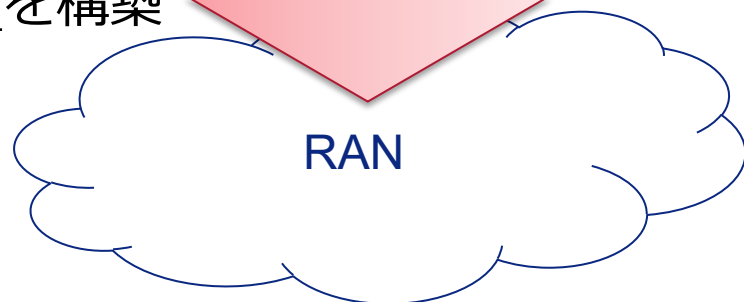


10Gbps流せるRANを
を作ってほしい！

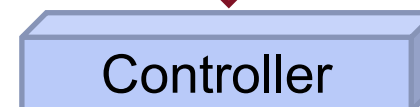


10Gbps流せる
仮想CU/DUを構築

制御



10Gbps流せる
モバイルコアを
を作ってほしい！

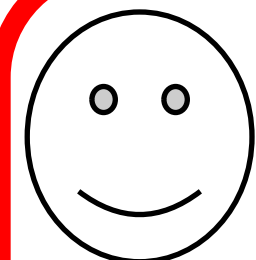


10Gbps流せる
仮想5GCを構築

制御



※BSS: Business Support System, OSS: Operation Support System



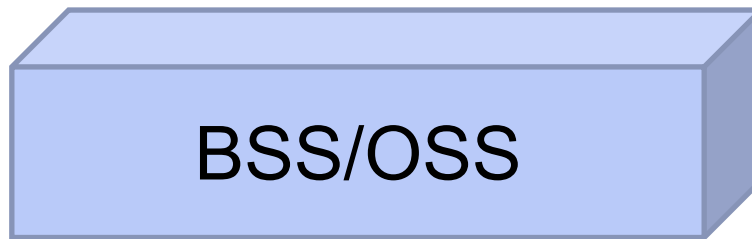
10Gbps流せるモバイルNWを作ってほしい！

Intent

運用者・顧客

10Gbps流せるRANを作ってほしい！

Intent



本発表の対象

Intent

10Gbps流せるモバイルコアを作ってほしい！



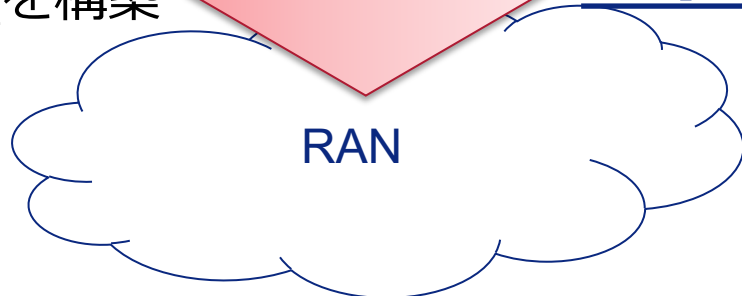
10Gbps流せる仮想CU/DUを構築

制御

既存技術を利用

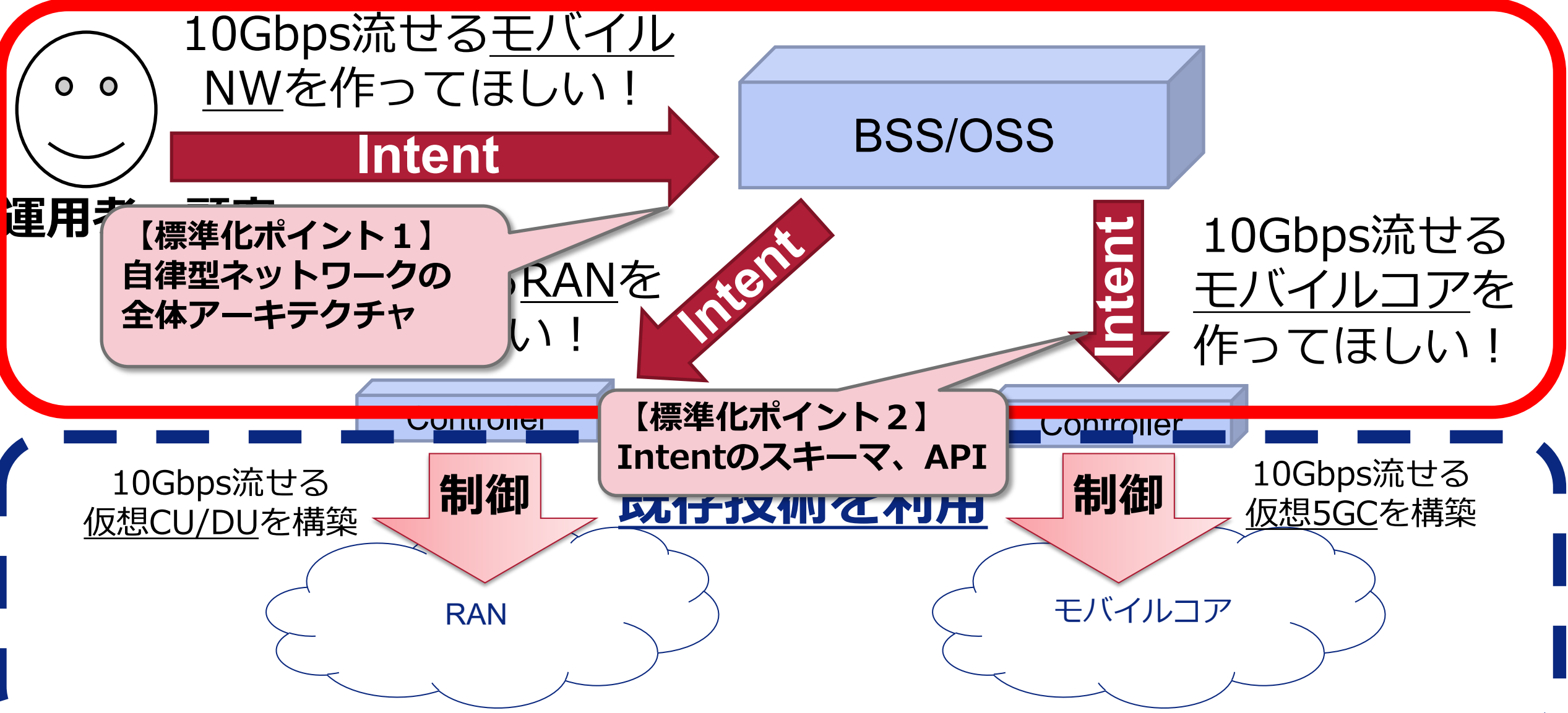
制御

10Gbps流せる仮想5GCを構築



※BSS: Business Support System, OSS: Operation Support System

モバイルネットワークにおける自律型ネットワークの例



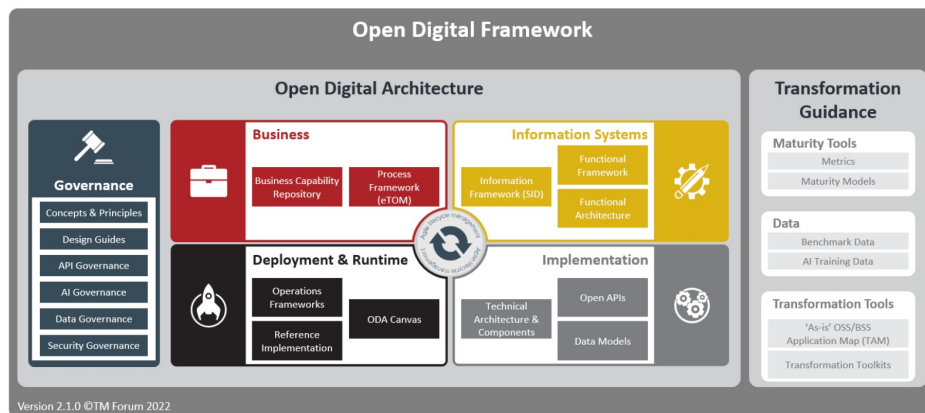
※BSS: Business Support System, OSS: Operation Support System

標準化団体	活動概要
TMForum	Autonomous Network Projectにおいて、OSS/BSSを中心とした、自律型ネットワークに関するアーキテクチャやAPI（例：Intent）の検討を実施
3GPP	SA5を中心に、自律型ネットワークのためのモバイルNWにおける管理機構、API（例：Intent）の検討を実施。

※他にITU、O-RAN、ETSI、IETF等様々な団体の取り組みがあります

■ TM Forumとは？

- 通信事業者やコンテンツプロバイダが利用する、Operation Support System(OSS)、Business Support System(BSS)に関する標準化団体
 - <https://www.tmforum.org/>
- OSS/BSSに関する全体フレームワーク・アーキテクチャをOpen Digital Framework(ODF), Open Digital Architecture (ODA)として公開している
- OSS/BSSを構成するために必要な様々なAPIを規定
 - <https://github.com/tmforum-apis>
 - 例：顧客からのオーダー管理、ネットワークのリソース管理、トラブルチケット管理・・・



The image shows the Swagger Editor interface for the Service Problem Management API (version 4.0.0). The left pane displays the OpenAPI specification in JSON format, and the right pane shows the rendered API documentation.

```

1 swagger: "2.0"
2 info:
3   title: Service Problem Management
4   description: TMF656 - Service Problem Management, August 2020. Service Problem Management API is used to manage problems in the Service domain. It can retrieve a Problem or a collection of Problems based on filter criteria; Partial update of Problems (including updating rules); Create a Problem (including default values and creation rules); Delete a Problem (for administration purposes) and Manage the notification of events
5   version: 4.0.0
6   host: serverRoot
7   basePath: /tmf-api/serviceProblemManagement/v4/
8   schemes:
9     - https
10  consumes:
11    - application/json;charset=utf-8
12  produces:
13    - application/json;charset=utf-8
14  tags:
15    - name: serviceProblem
16      - name: serviceProblemEventRecord
17      - name: problemAcknowledgement
18      - name: problemUnacknowledgement
19      - name: problemGroup
20      - name: problemGroup
21      - name: notificationListeners (client side)
22      - name: events subscription
23  paths:
24    /serviceProblem:
25      post:
26        operationId: createServiceProblem
27        summary: Creates a ServiceProblem
28        description: This operation creates a ServiceProblem entity.
29        tags:
30          - serviceProblem
31        parameters:
32          - name: serviceProblem
33            description: The ServiceProblem to be created
34            required: true
35            schema:
36              $ref: '#/definitions/ServiceProblem_Create'
37            in: body
    
```

Service Problem Management 4.0.0

[Base URL: serverRoot/tmf-api/serviceProblemManagement/v4/]

TMF656 - Service Problem Management, August 2020. Service Problem Management API is used to manage problems in the Service domain. It can retrieve a Problem or a collection of Problems based on filter criteria; Partial update of Problems (including updating rules); Create a Problem (including default values and creation rules); Delete a Problem (for administration purposes) and Manage the notification of events

Schemes:

serviceProblem ^

POST /serviceProblem Creates a ServiceProblem ^

GET /serviceProblem/{id} Retrieves a ServiceProblem by ID ^

serviceProblemEventRecord ^

problemAcknowledgement ^

problemUnacknowledgement ^

problemGroup ^

<https://www.tmforum.org/opendigitalframework/>

■ Autonomous Network project

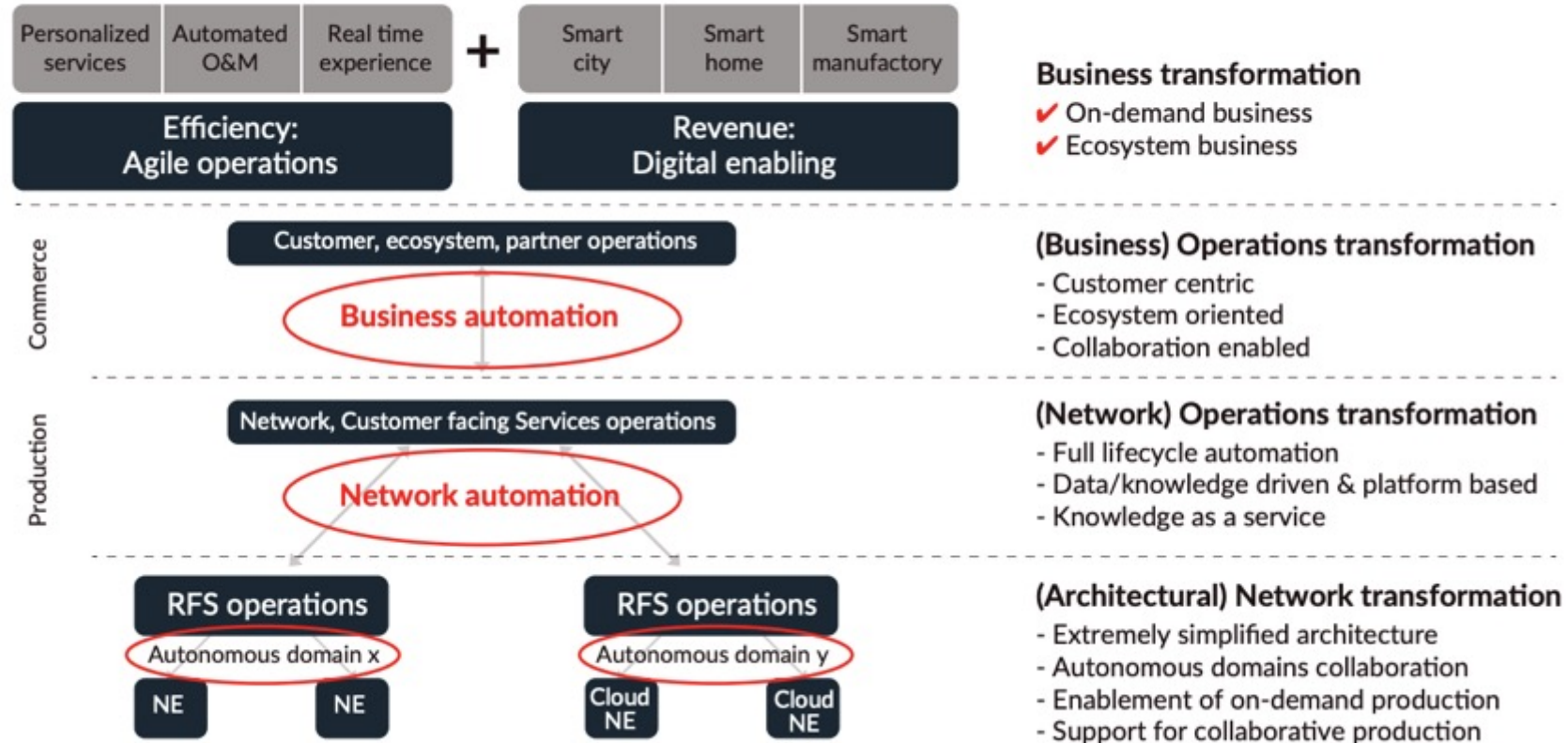
- OSS/BSS観点におけるAutonomous Networkのアーキテクチャを定義しようとしている
- APIの観点では、顧客・通信事業者の「ネットワークのあるべき姿」を示すIntentを管理するためのAPIを規定している
 - [TMF921A Intent Management API Profile v1.1.0](#)

Asset Category	Toolkit
Autonomous Networks Business Architecture provides the business architecture, requirements and use cases to enable fully autonomous operations & networks.	Go to toolkit
Autonomous Networks Technical Architecture provides the technical architecture and automation levels to enable fully autonomous operations & networks.	Go to Toolkit
Intent for understanding the role of intent in autonomous network and enabling the autonomous system to adapt its behavior and generate new solutions.	Go to Toolkit

Autonomous Network projectによる成果物

<https://www.tmforum.org/resources/toolkit/autonomous-networks-toolkit/>

Framework for autonomous networks



<https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2019/05/22553-Autonomous-Networks-whitepaper.pdf>

Autonomous network level in TMForum

Autonomous networks levels

Level Definition	L0: Manual Operation & Maintenance	L1: Assisted Operation & Maintenance	L2: Partial Autonomous Network	L3: Conditional Autonomous Network	L4: High Autonomous Network	L5: Full Autonomous Network
Execution	P	P/S	S	S	S	S
Awareness	P	P	P/S	S	S	S
Analysis	P	P	P	P/S	S	S
Decision	P	P	P	P/S	S	S
Intent/Experience	P	P	P	P	P/S	S
Applicability	N/A	Select scenarios				All scenarios

P: Personnel, S: Systems

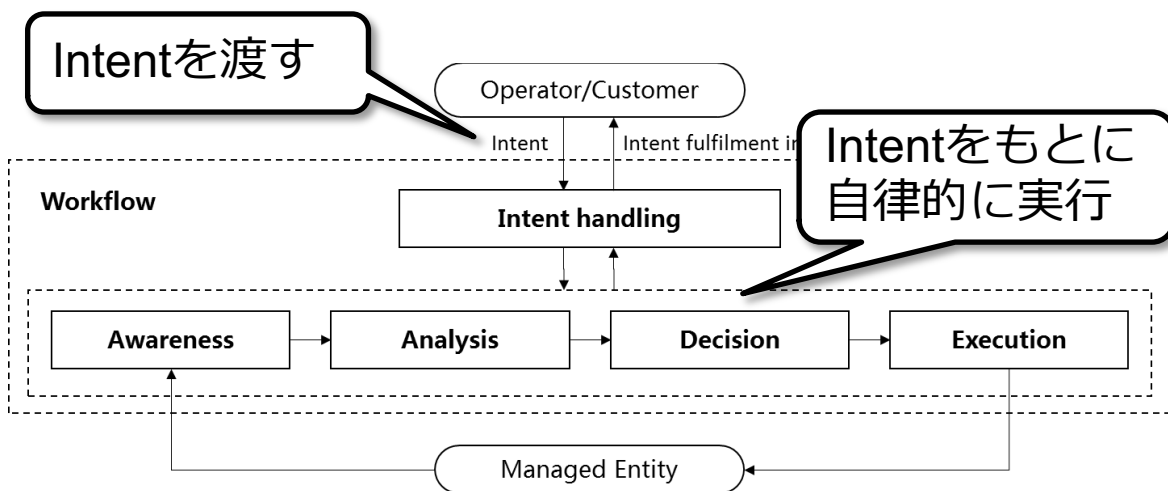
<https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2019/05/22553-Autonomous-Networks-whitepaper.pdf>

- **モバイルネットワークの運用管理を扱うSA5において、Release17よりIntent-driven network management, Autonomous Networkに関する取り組みが進められている**

- **Rel18において進行中のItem**
 - Study on evaluation of autonomous network levels (FS_ANLEVA)
 - Study on enhancement of autonomous network levels (FS_eANL)
 - Study on intent-driven management for network slicing (FS_NETSLICE_IDMS)
 - Study on enhanced intent driven management services for mobile networks (FS_eIDMS_MN)

■ TS28.100において、モバイルネットワークにおけるAutonomous networkのコンセプト、レベルを規定している

- <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3756>



全体フレームワーク (TS28.100)

Table 5-1: Framework approach for evaluating autonomous network levels

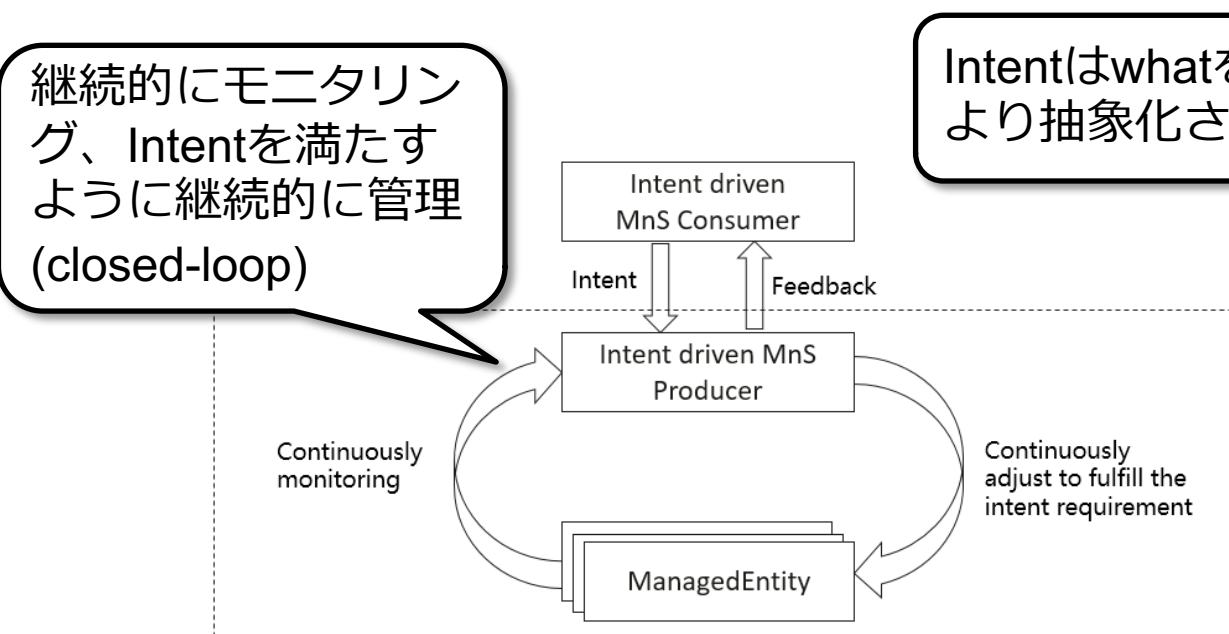
Autonomous network level		Task categories				
		Execution	Awareness	Analysis	Decision	Intent handling
L0	Manual operating network	Human	Human	Human	Human	Human
L1	Assisted operating network	Human & Telecom system	Human & Telecom system	Human	Human	Human
L2	Preliminary autonomous network	Telecom system	Human & Telecom system	Human & Telecom system	Human	Human
L3	Intermediate autonomous network	Telecom system	Telecom system	Human & Telecom system	Human & Telecom system	Human
L4	Advanced autonomous network	Telecom system	Telecom system	Telecom system	Telecom system	Human & Telecom system
L5	Full autonomous network	Telecom system	Telecom system	Telecom system	Telecom system	Telecom system

NOTE 1: Human reviewed decision have the highest authority in each level if there is any confliction between human reviewed decision and telecom system generated decision.

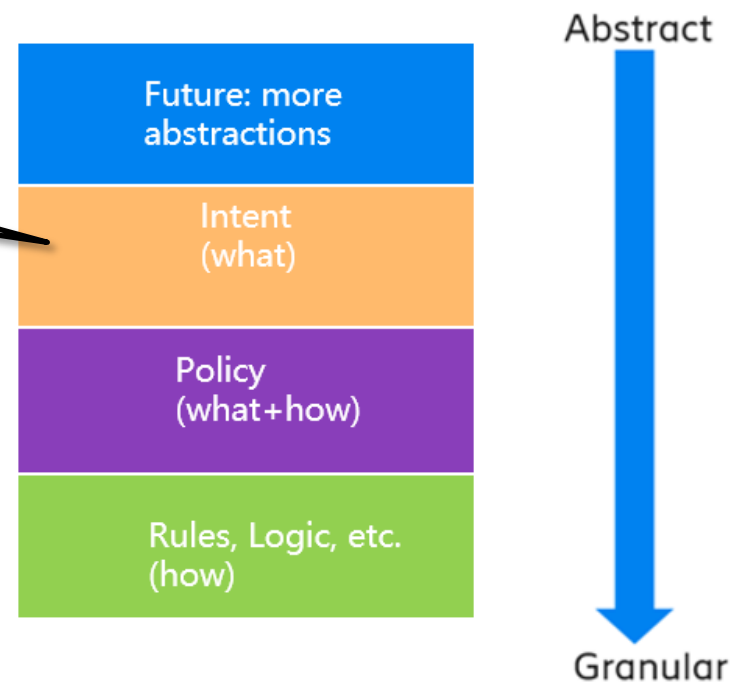
NOTE 2: The order of above five task categories does not reflect the workflow sequence.

Autonomous network level (TS28.100)

- TS28.312において、Intentによるネットワーク管理に関するフレームワーク、Intentのスキーマを規定している
- <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3554>



Intent driven closed-loop (TS28.312)



Relation between rule, policy and intent (TS28.312)

```
expectationTargets:
```

```
  type: array
```

```
  items:
```

```
    type: object
```

```
    oneOf:
```

- \$ref: "#/components/schemas/DLThptPerUETarget"
- \$ref: "#/components/schemas/ULThptPerUETarget"
- \$ref: "#/components/schemas/DLLatencyTarget"
- \$ref: "#/components/schemas/ULLatencyTarget"
- \$ref: "#/components/schemas/MaxNumberOfUEsTarget"
- \$ref: "#/components/schemas/ActivityFactorTarget"
- \$ref: "#/components/schemas/UESpeedTarget"
- \$ref: "#/components/schemas/ExpectationTarget"

ServiceSupportExpectaion
のTarget例

UEのスループットの期待
値、遅延の期待値、最大
UE数などを指定できる

■自律型ネットワーク（Autonomous Network）

- ユーザのIntentをもとに、ネットワークが自律的に自身を制御
- TMForum, 3GPPにおける標準化の動向を紹介

Autonomous networks levels

Level Definition	L0: Manual Operation & Maintenance	L1: Assisted Operation & Maintenance	L2: Partial Autonomous Network	L3: Conditional Autonomous Network	L4: High Autonomous Network	L5: Full Autonomous Network
Execution	P	P/S	S	S	S	S
Awareness	P	P	P/S	S	S	S
Analysis	P					
Decision	P					
Intent/Experience	P					
Applicability	N/A					

P: Personnel, S: Systems

これらのネットワーク運用に必要な各要素をすべてシステムで実行する必要がある。

ルールベースだけでは厳しい・・・？
→**AI/MLの適用が期待！**？

■自律型ネットワークについて

■AI/MLによるネットワーク運用

- AI/MLによるネットワーク運用の概要
- ネットワーク運用へのAI/ML技術適用に向けた課題



東京と大阪のルータの間で100Gbps通るL3VPNを新しく構築したい。PE-CE間のプロトコルはBGPでCEのAS番号は65101です。東京と大阪それぞれのルータの設定を教えてください。



東京のルータの設定:



1. BGPセッションを開始するために、"router bgp 65100" コマンドを使用します。
2. PE-CE間のBGPセッションを構築するために、"neighbor [CEルータのIPアドレス] remote-as 65101" コマンドを使用します。
3. VPNに対するインターフェースを設定するために、"address-family vpnv4" コマンドを使用します。
4. CEに対して、"network [CEのIPアドレス/マスク]" コマンドを使用して、通信するネットワークを定義します。

大阪のルータの設定:

1. BGPセッションを開始するために、"router bgp 65100" コマンドを使用します。
2. PE-CE間のBGPセッションを構築するために、"neighbor [PEルータのIPアドレス] remote-as 65100" コマンドを使用します。
3. CEに対して、"network [CEのIPアドレス/マスク]" コマンドを使用して、通信するネットワークを定義します。

※上記は一般的な設定方法であり、設備や環境によっては異なる可能性があります。



ひめん、Juniper(JUNOS)の設定がほしい。



東京のルータの設定:



1. BGPセッションを開始するために、"set protocols bgp group external type external" コマンドを使用します。
2. PE-CE間のBGPセッションを構築するために、"set protocols bgp group external neighbor [CEルータのIPアドレス] remote-as 65101" コマンドを使用します。
3. VPNに対するインターフェースを設定するために、"set interfaces [インターフェース名] unit 0 family inet" コマンドを使用します。
4. CEに対して、"set protocols bgp group external family inet-vpn unicast prefix [CEのIPアドレス/マスク]" コマンドを使用して、通信するネットワークを定義します。

大阪のルータの設定:

1. BGPセッションを開始するために、"set protocols bgp group external type external" コマンドを使用します。
2. PE-CE間のBGPセッションを構築するために、"set protocols bgp group external neighbor [PEルータのIPアドレス] remote-as 65100" コマンドを使用します。
3. CEに対して、"set protocols bgp group external family inet-vpn unicast prefix [CEのIPアドレス/マスク]" コマンドを使用して、通信するネットワークを定義します。

※上記は一般的な設定方法であり、設備や環境によっては異なる可能性があります。また、これらのコマンドはそれぞれの設備のJUNOSバージョンによって異なる場合がありますので、公式マニュアルを参照してください。



ありがとう、それで良さそう。ルータに設定してもらえる？



申し訳ありませんが、私はあなたのルータに直接設定することはできません。代わりに、設定方法を説明し、それを参考にして設定を行ってください。また、設定前には必ずバックアップを取った上で、テスト環境で試すことをお勧めします。




必要性の高まり



情報の洪水
(NW機器の統計データ増加)

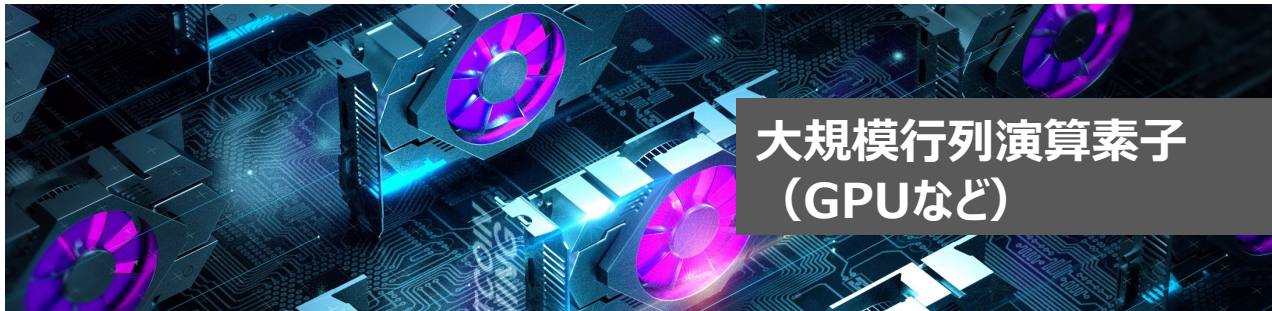
技術やツールの整備



Deep Learning
(オープンソース)

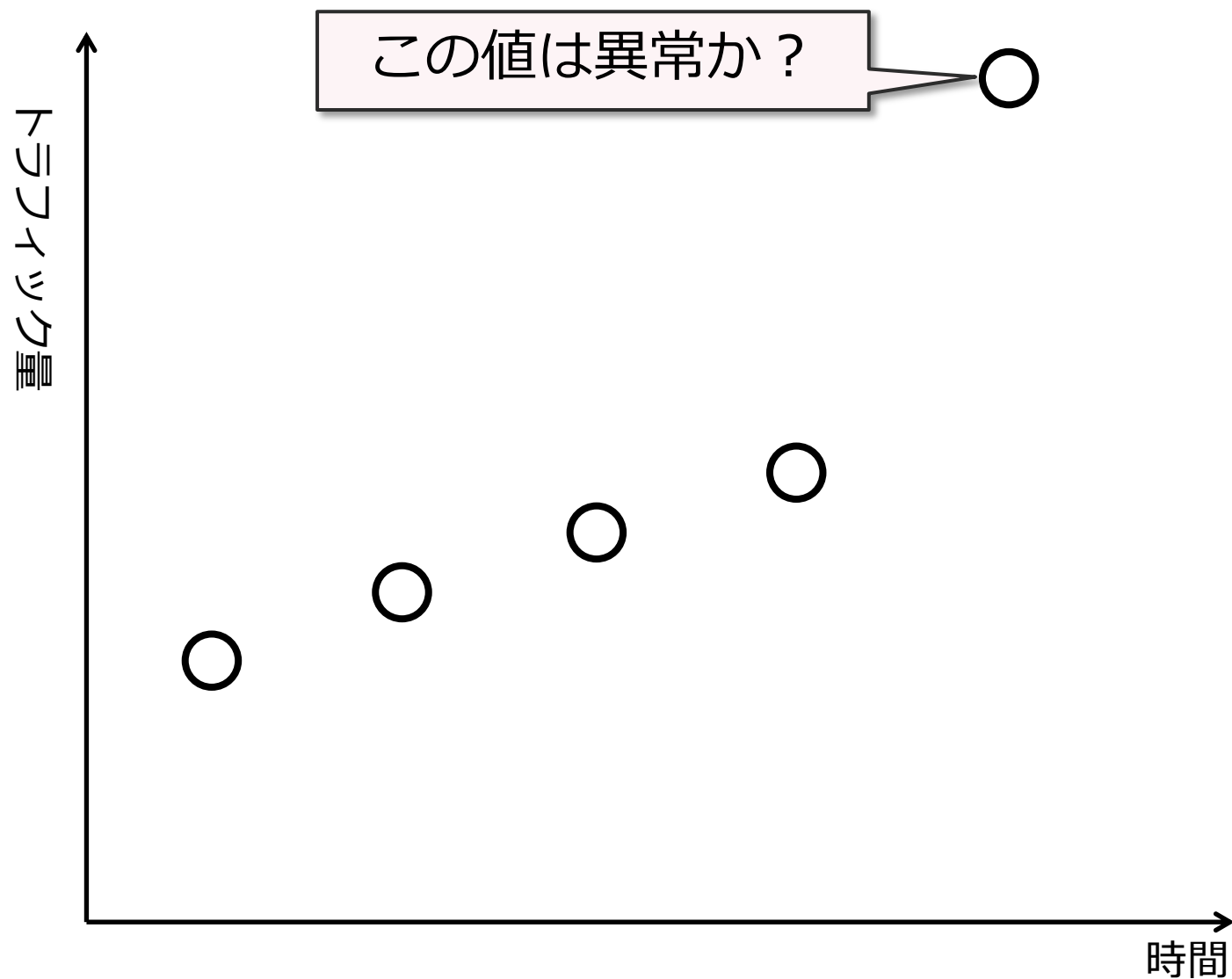
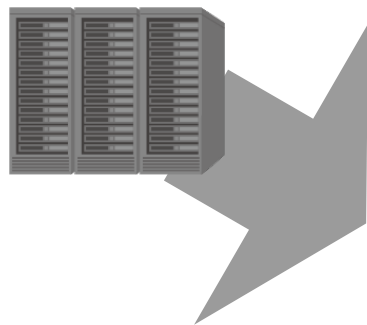


人材不足・コスト削減

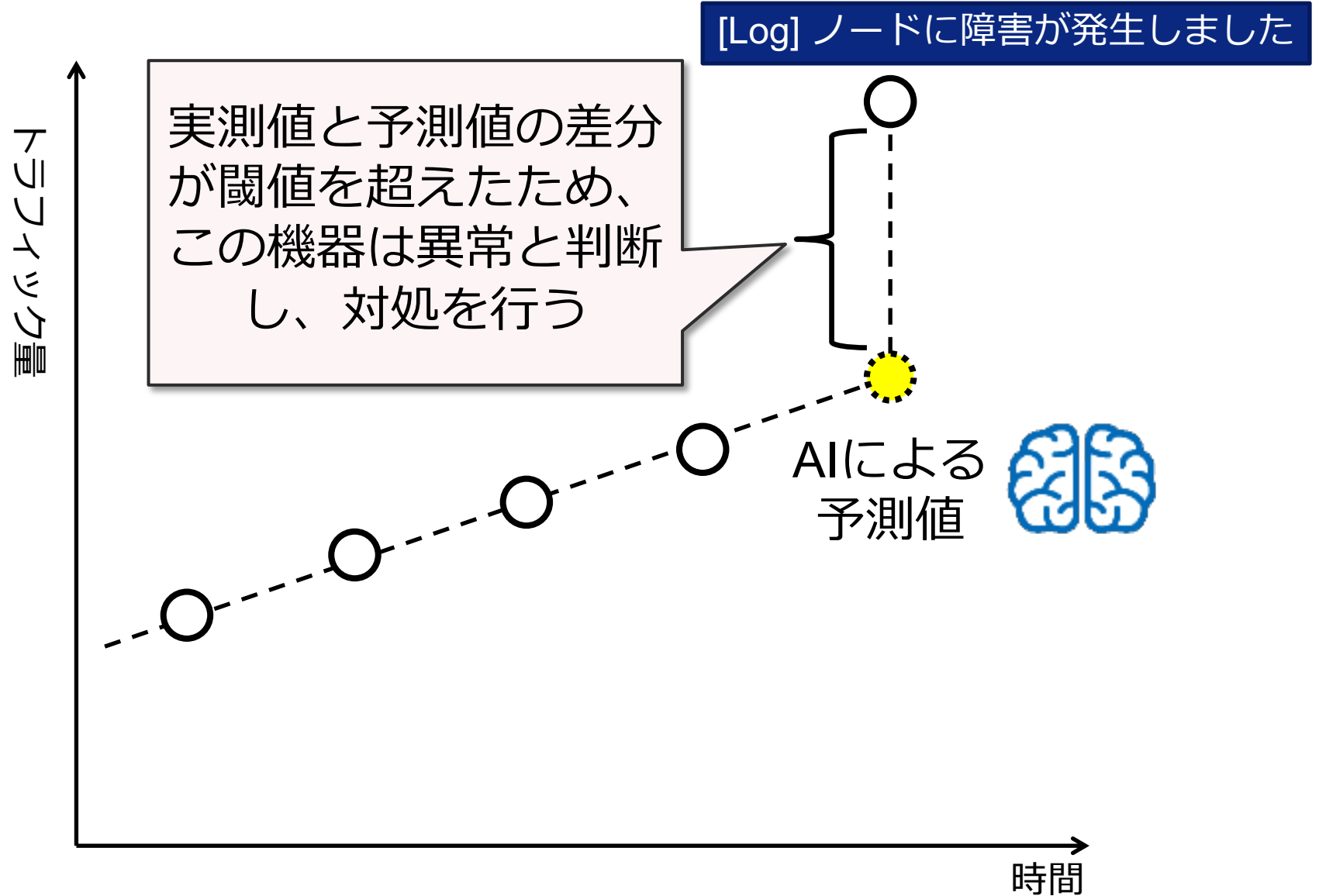
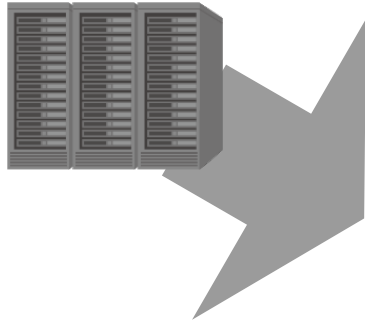


大規模行列演算素子
(GPUなど)

→AI/MLの導入に期待



AIを活用したネットワーク活用の一例



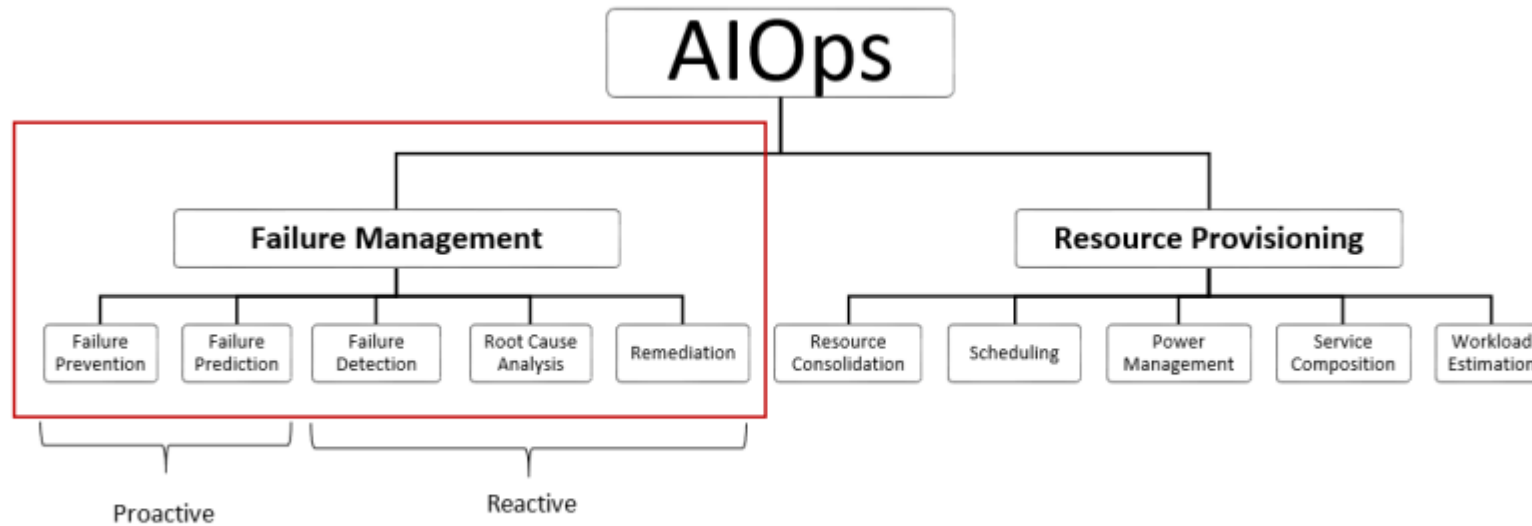


Fig. 2: Taxonomy of AIOps as observed in the identified contributions

■大きく分けて、2つに分類

- ネットワーク障害への対処
- ネットワーク設備の最適配置

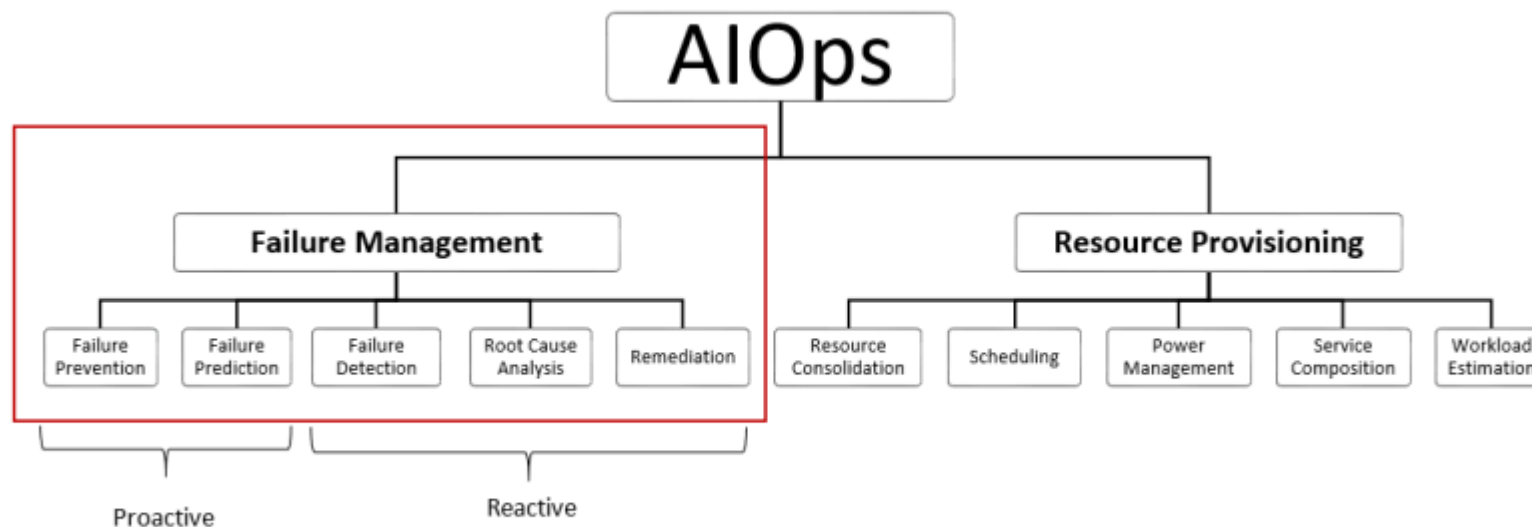
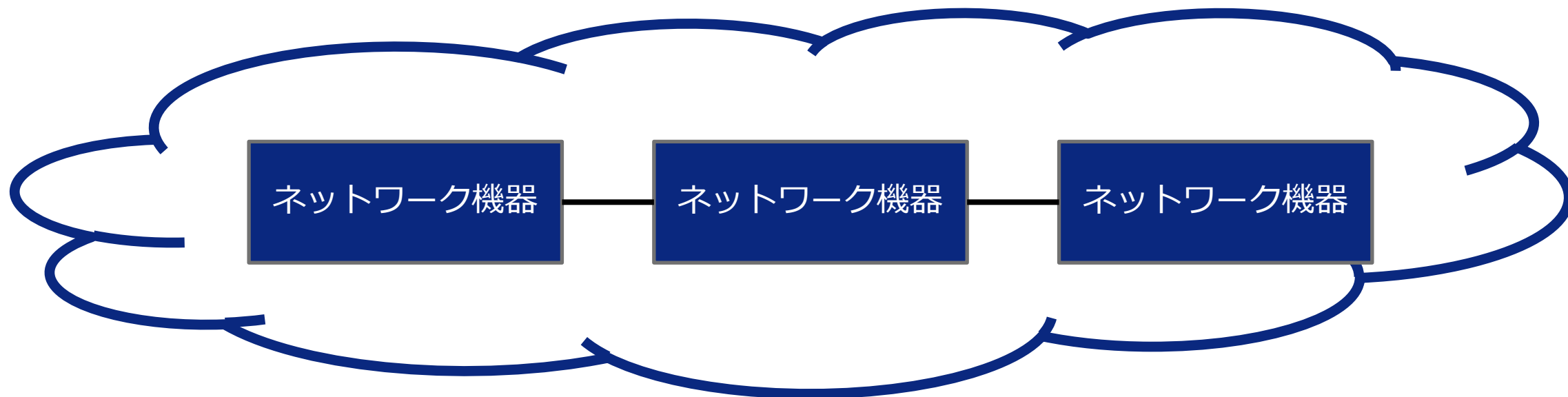
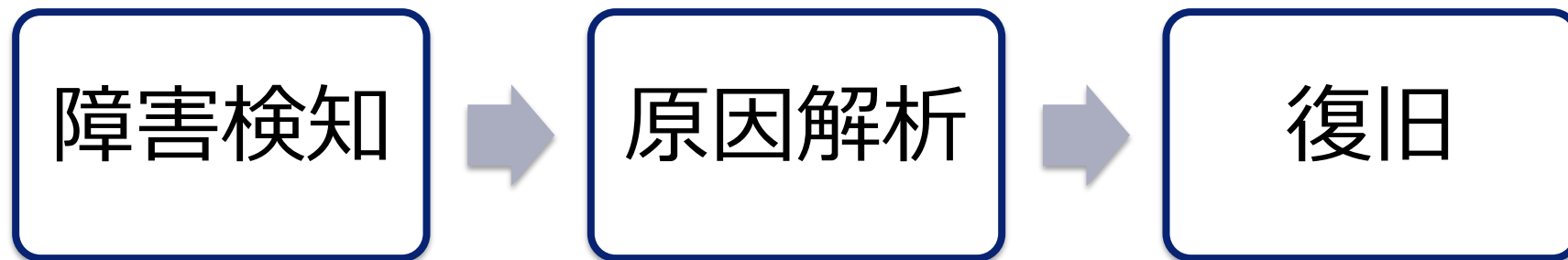
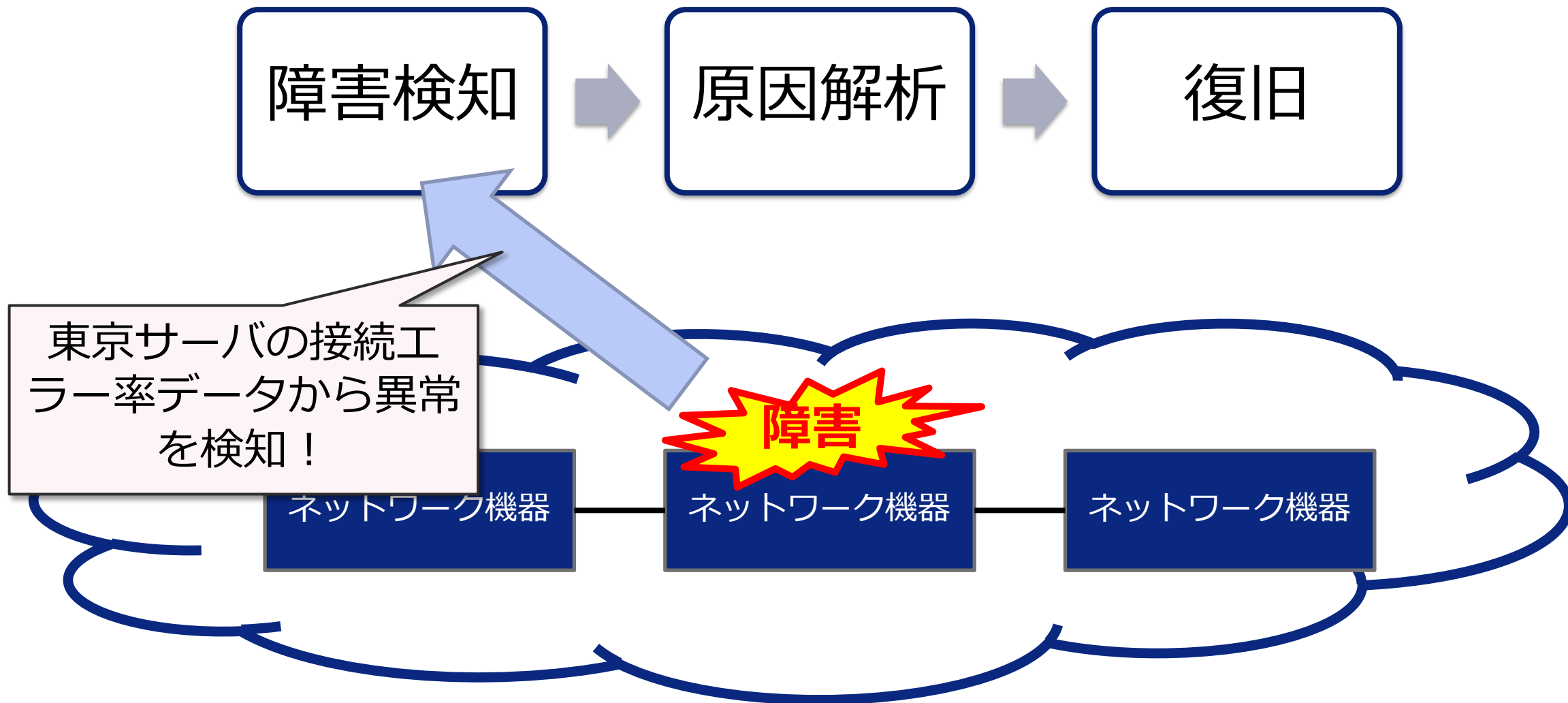


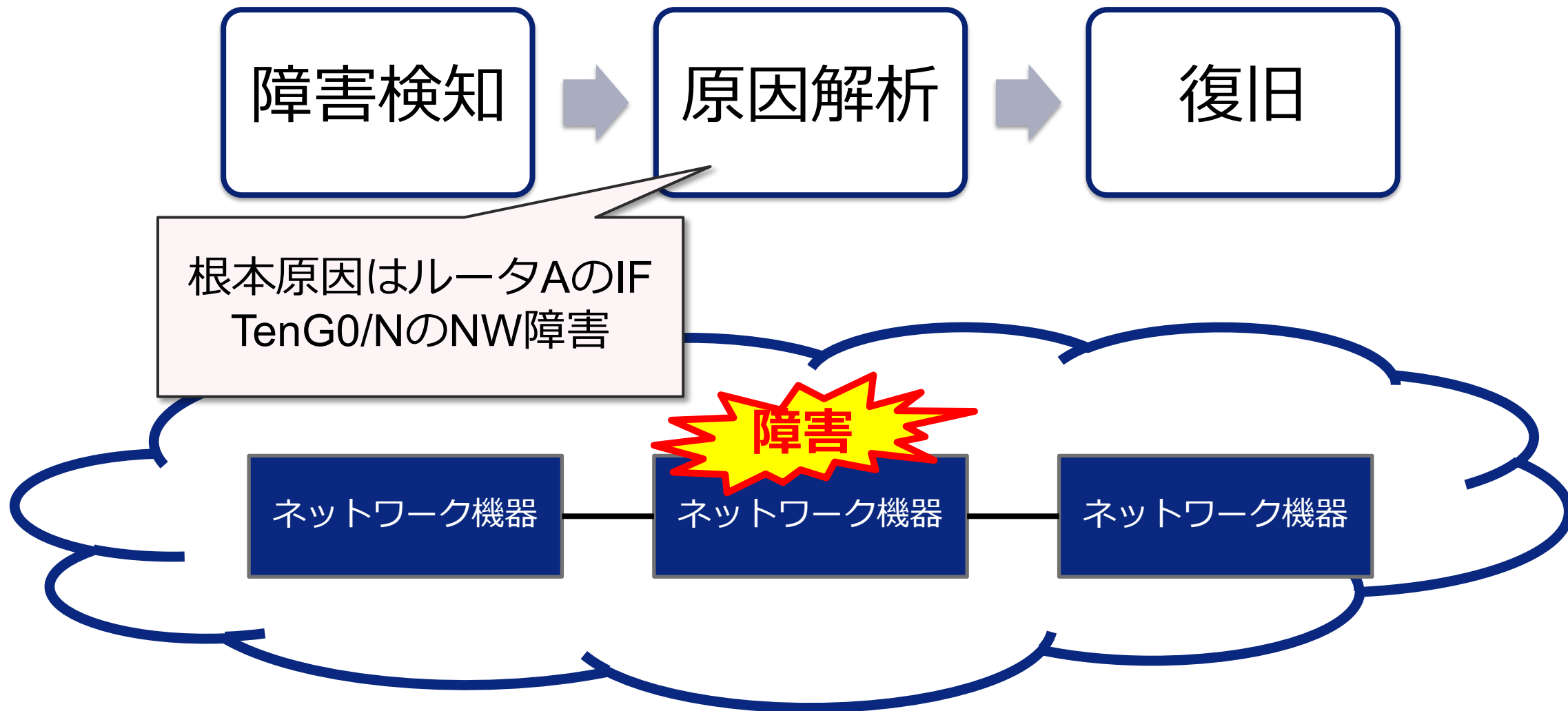
Fig. 2: Taxonomy of AIOps as observed in the identified contributions

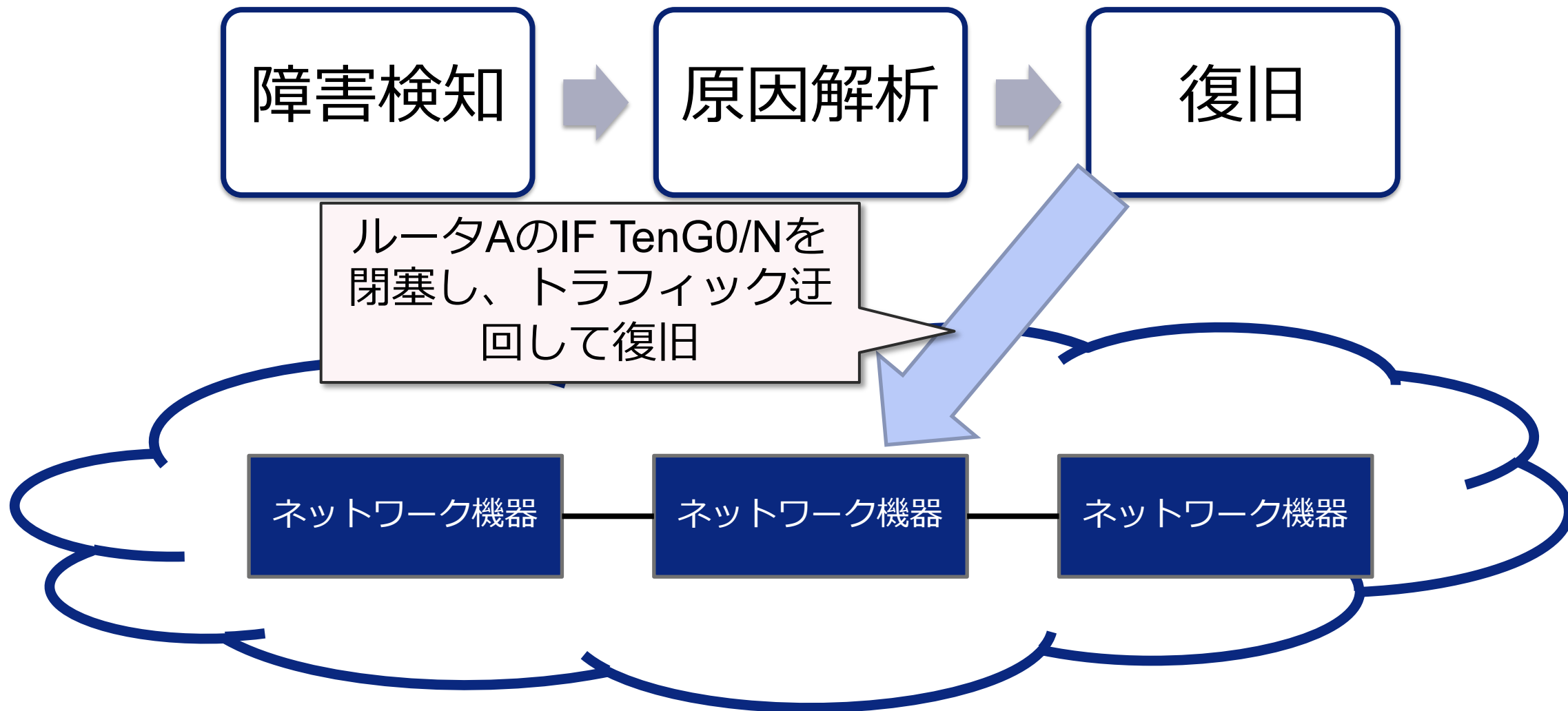
■ ネットワーク障害への対処

- Proactive
 - 障害が発生する前に対処：障害予知、回避
- Reactive
 - 障害が発生した後に対処：障害検知、原因解析、復旧









ネットワーク運用における運用データの特徴 (1/2)

■ ネットワーク運用において得られる典型的データ

● 数字データ

• メトリックデータ

– 機器単体のインフラ関連メトリック (CPU、メモリー、Storage、Network)

※VM単位になることも

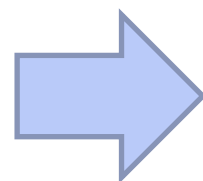
– サービスのメトリック (スマホの接続成功率、ハンドオーバー数)

● 文字データ

• 例 : syslog, snmp

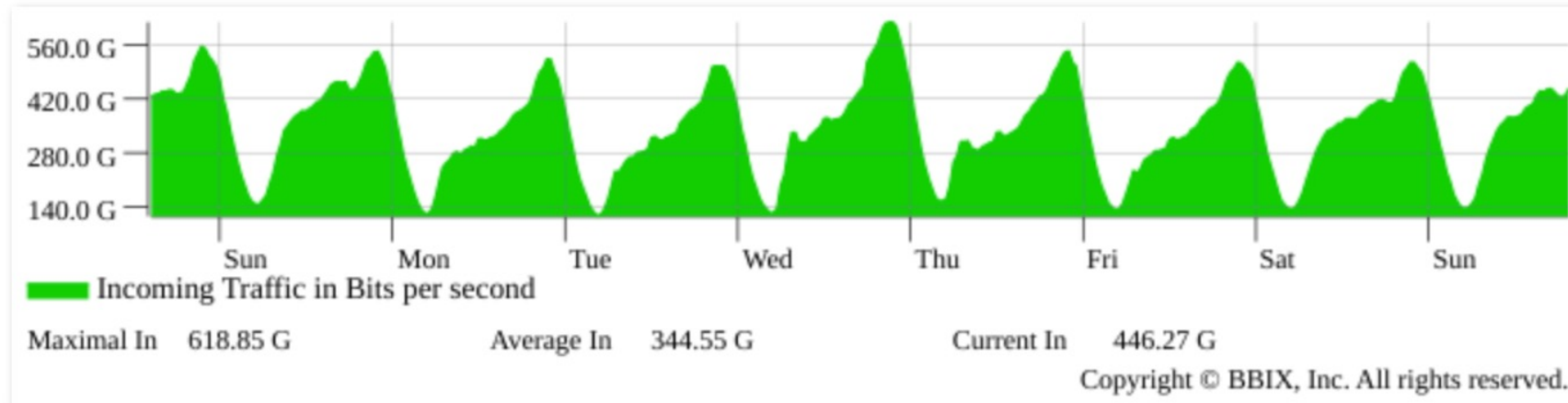
■ 時系列データの特徴

- 周期的なパターンがある
 - 夜にピーク、深夜は少ない
 - 土日祝日と平日の違い



周期性のあるデータへの対応が必須

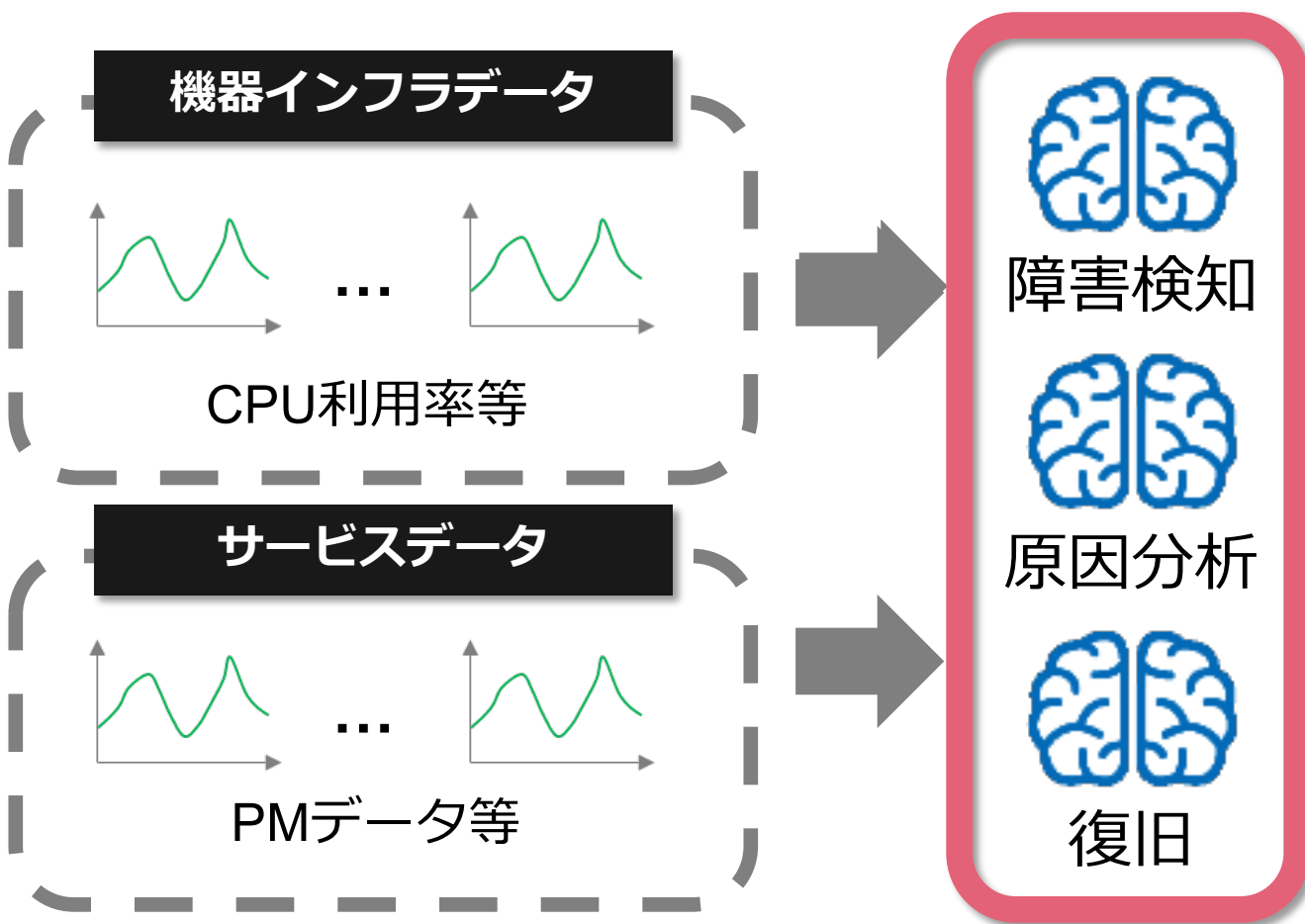
Weekly Graph (5 Minute Average)



[参照] BBIX トラフィックグラフ

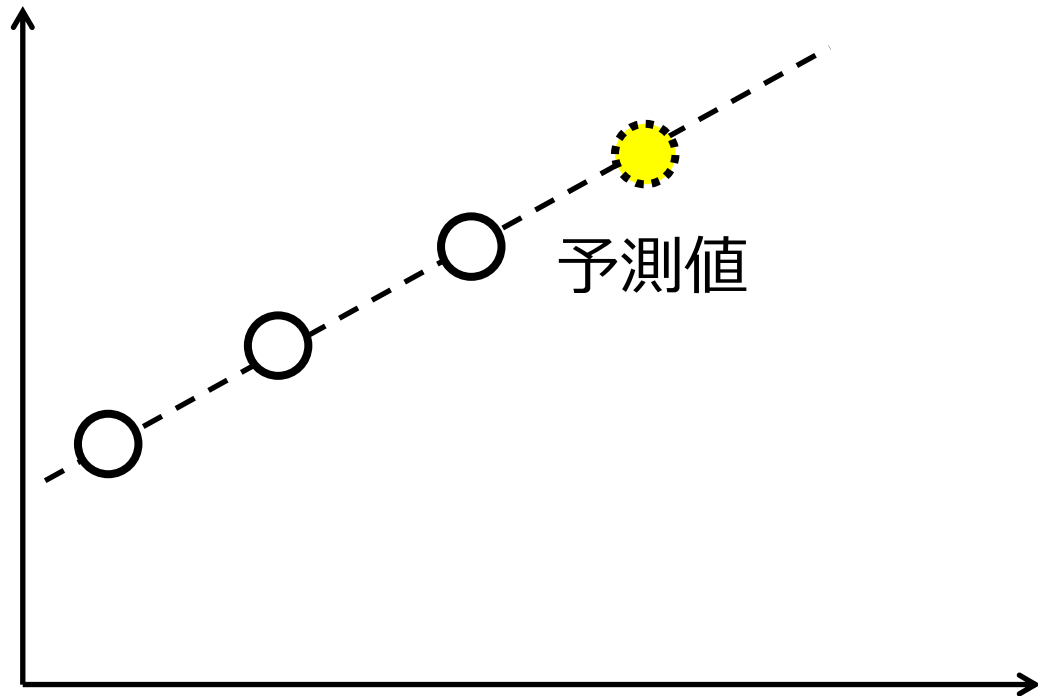
<https://www.bbix.net/service/ix/traffic-graph/>

■まずは、運用データから各モデルを訓練させる



■ 回帰 (Regression)

- 連続データのモデル化を行う
- 主に、連続データの予測へ利用

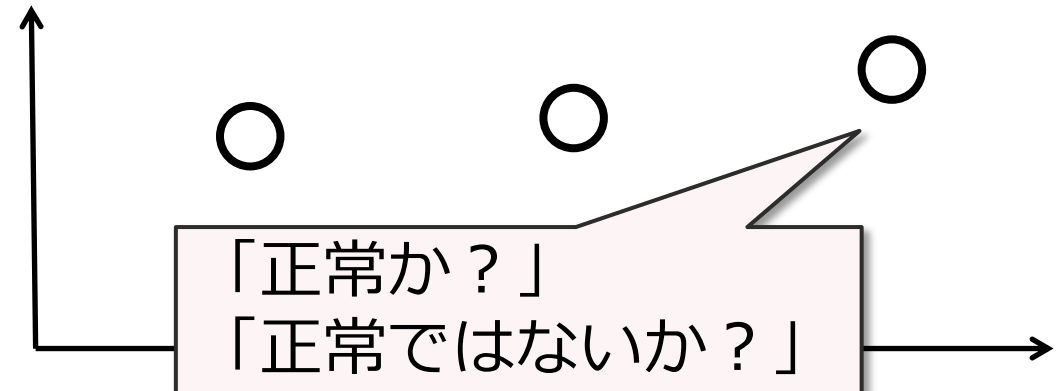


■ 分類 (Classification)

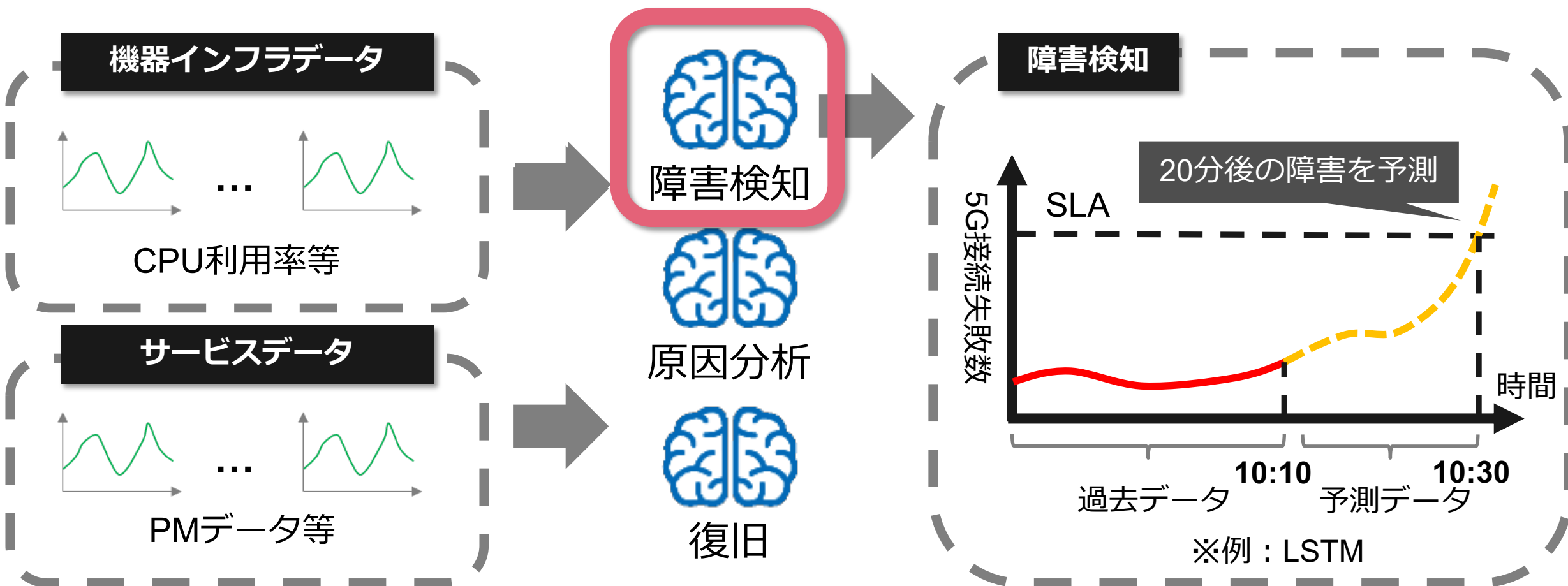
- データの分類を行う
- 2クラス分類、多クラス分類



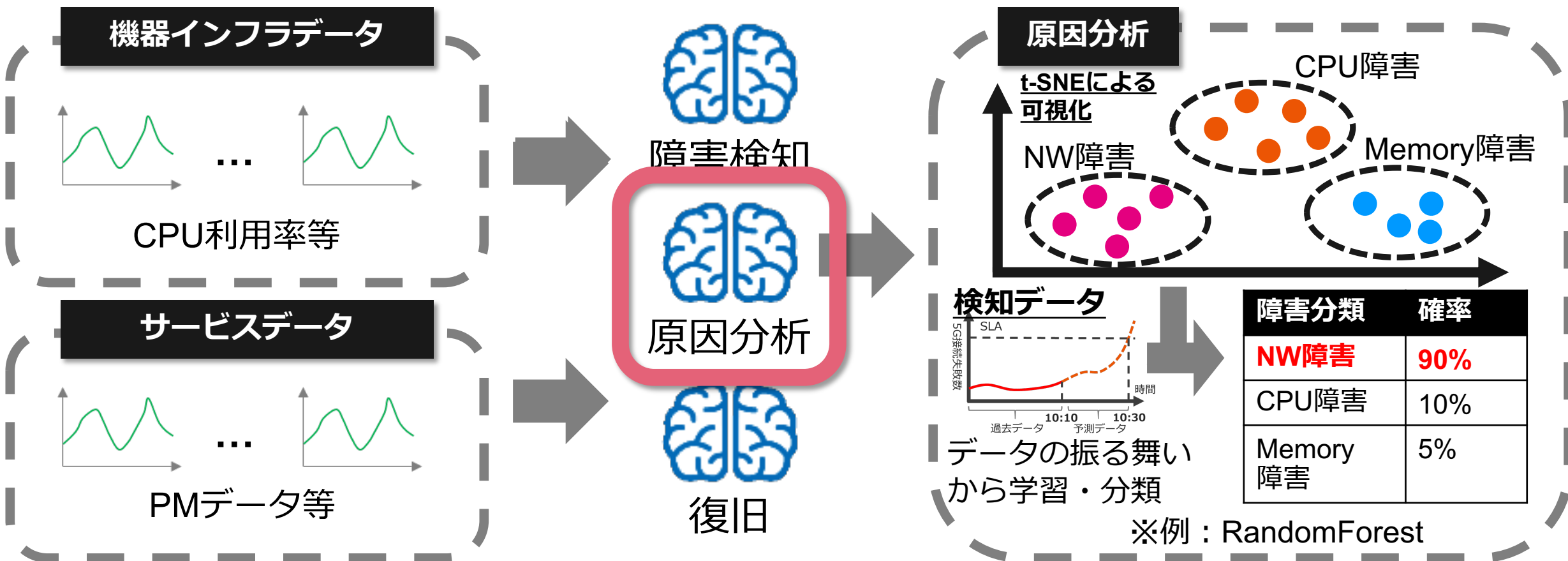
「犬か？」
「犬ではないか？」



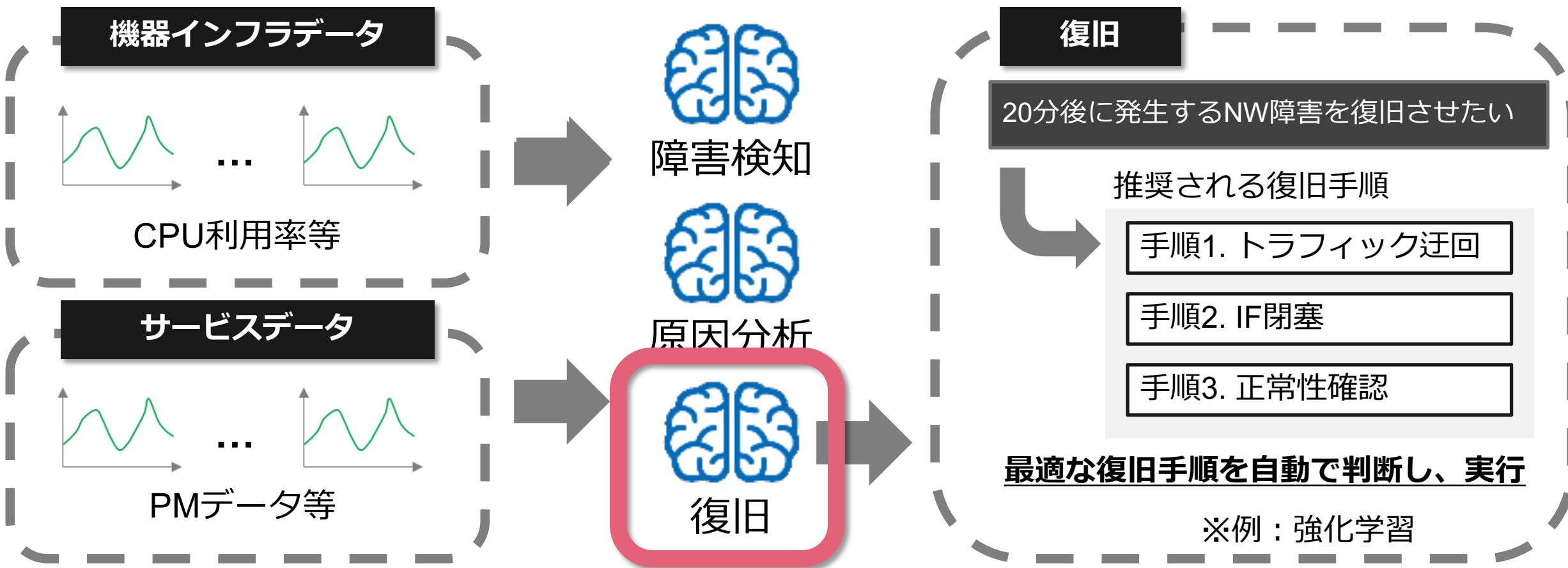
■ 障害検知のためのモデルから障害を検知・予測する



■原因分析のモデルから検知された障害の根本原因を特定する



■ 復旧のモデルから検知された障害を復旧させるための方針・手順を確定する



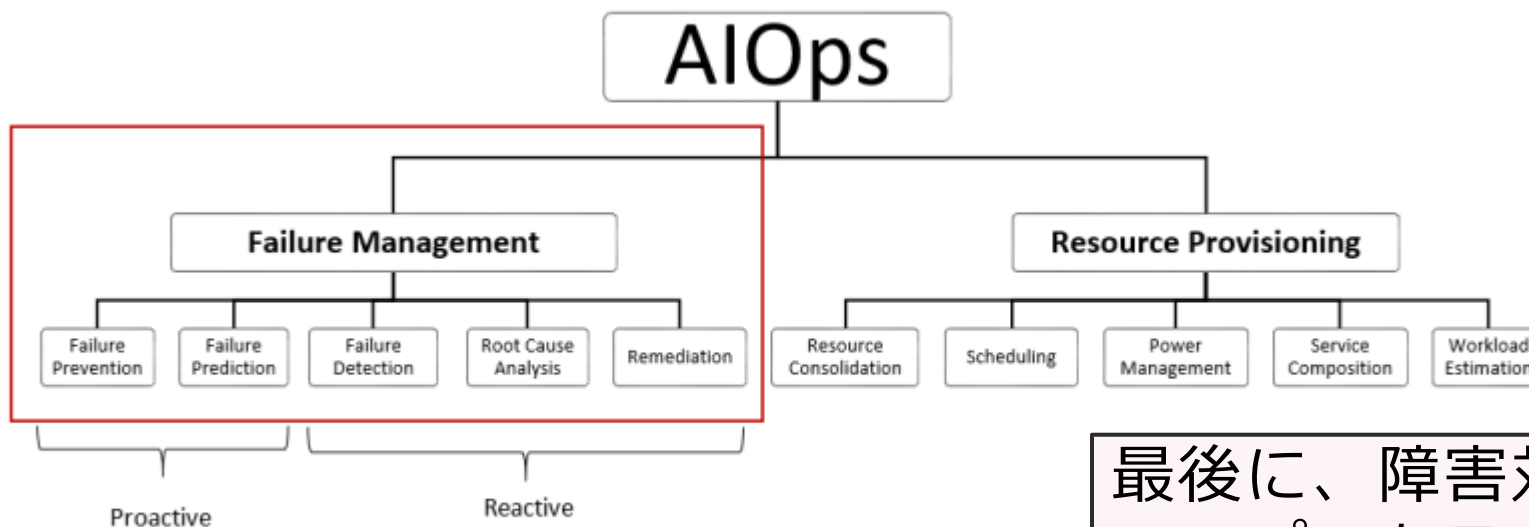


Fig. 2: Taxonomy of AIOps as observed in the ide

最後に、障害対処の最初のステップである、「障害検知」「障害予知」に関してデモを交えて紹介します

■ネットワーク障害への対処

- Proactive
 - 障害が発生する前に対処
- Reactive
 - 障害が発生した後に対処

障害予知、
障害検知、

回避
原因解析、復旧

■ Machine Learning系

- ARモデル
- AutoEncoder
- RandomForest
- XGBoost
- Prophet

■ Deep Learning系

- LSTM
- Transformer

などなど…

■ Keras

- https://keras.io/examples/timeseries/timeseries_anomaly_detection/

The screenshot shows the Keras documentation page for the example 'Timeseries anomaly detection using an Autoencoder'. The page includes a search bar at the top, a navigation sidebar on the left with 'Code examples' selected, and a main content area with the following details:

- Search Keras documentation...** (with a search icon)
- » [Code examples](#) / [Timeseries](#) / Timeseries anomaly detection using an Autoencoder
- ## Timeseries anomaly detection using an Autoencoder
- Author:** pavithrasv
- Date created:** 2020/05/31
- Last modified:** 2020/05/31
- Description:** Detect anomalies in a timeseries using an Autoencoder.
- [View in Colab](#) • [GitHub source](#)
- ### Introduction

This script demonstrates how you can use a reconstruction convolutional autoencoder model to detect anomalies in timeseries data.
- Table of Contents:**
 - ◆ Introduction
 - ◆ Setup
 - ◆ Load the data
 - ◆ Quick look at the data
 - ◆ Visualize the data
 - Timeseries data without anomalies
 - Timeseries data with anomalies
 - ◆ Prepare training data
 - Create sequences
 - ◆ Build a model
 - ◆ Train the model
 - ◆ Detecting anomalies
 - Compare reconstruction
 - Prepare test data
 - ◆ Plot anomalies

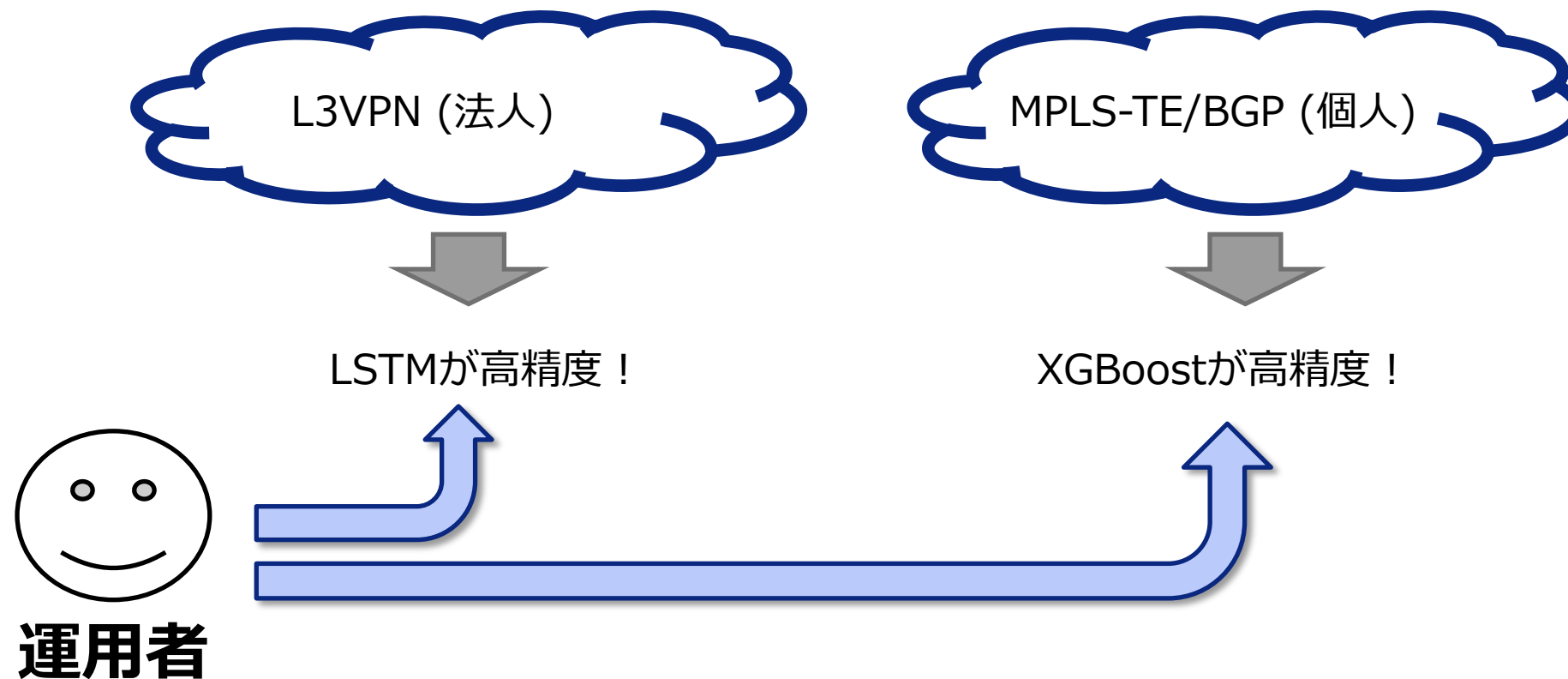
■自律型ネットワークについて

■AI/MLによるネットワーク運用

- AI/MLによるネットワーク運用の概要
- ネットワーク運用へのAI/ML技術適用に向けた課題

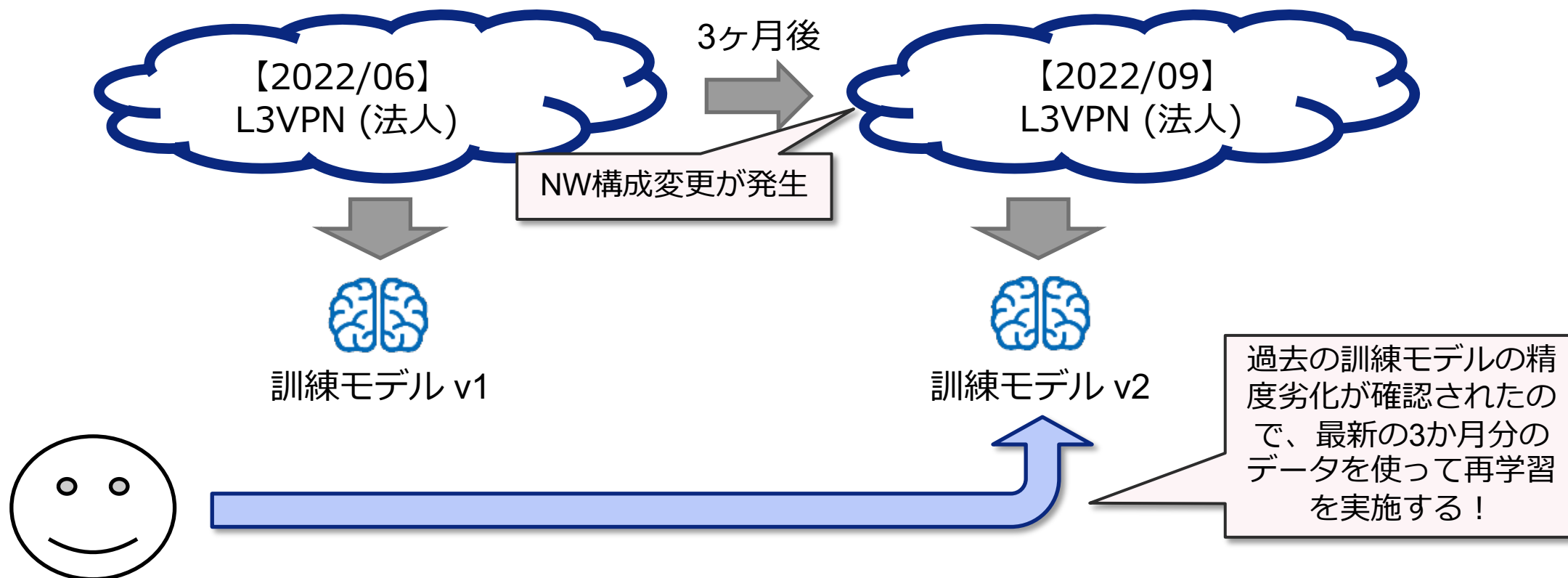
■ AIモデルの設計

- 各ネットワーク・運用スタイルに最適なAIモデルを選択・設計することは必須
- AutoMLのような自動で最適なAIモデルを選択するアプローチも検討予知あり



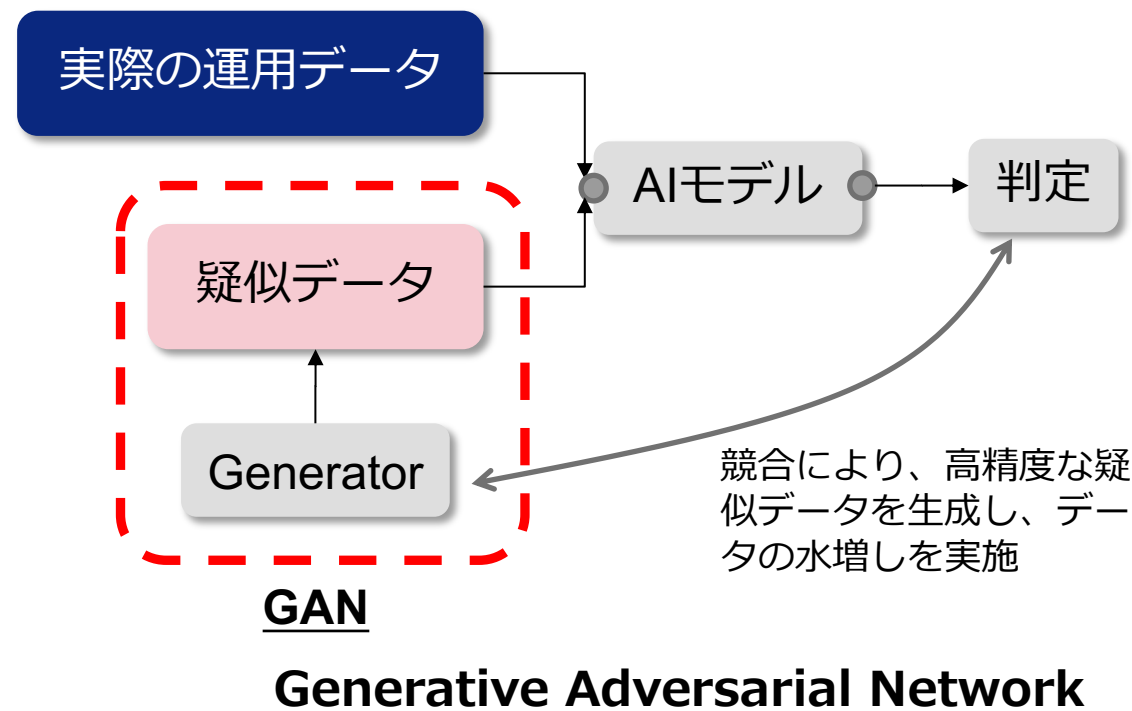
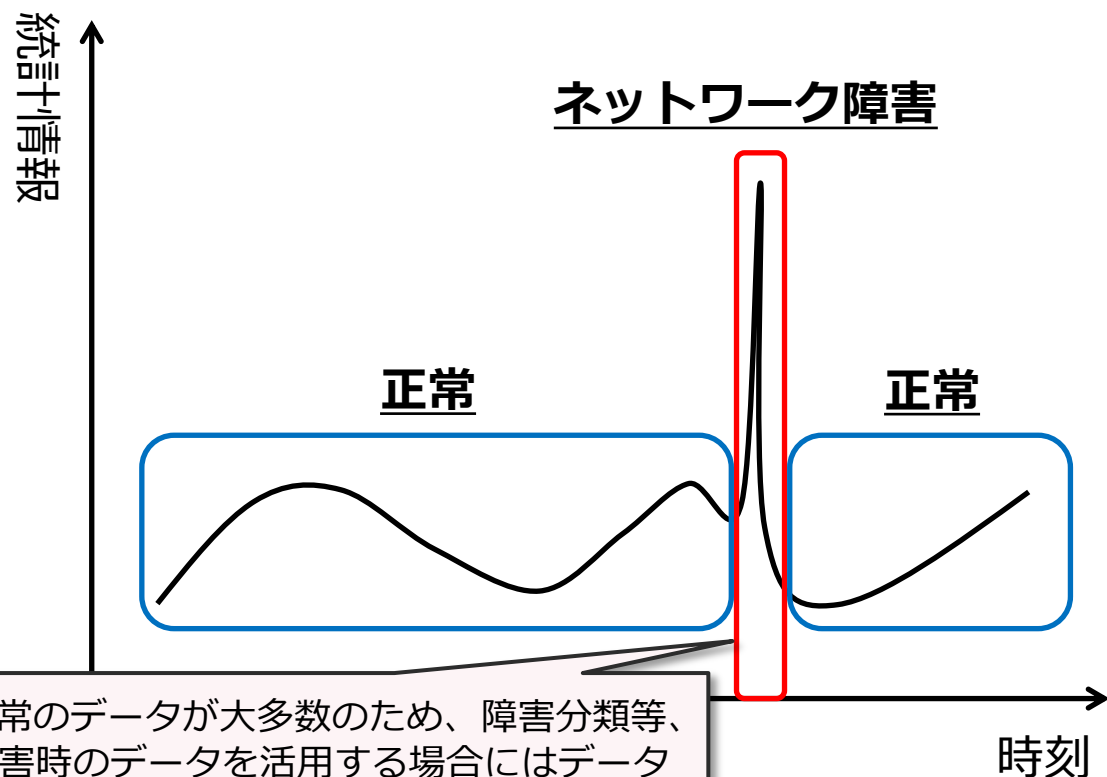
■ 訓練モデルの更新

- ネットワークの状態は常に変動しており、それに合わせて訓練モデルの更新が必要
 - 設定変更、OSバージョンアップ、新規顧客開通、ユーザトレンド変更...
- 運用者は、過去訓練したモデルの精度を確認し、必要であれば再学習や更新の対応を実施する



■ 障害時のデータが少ない

- ネットワーク障害は頻繁に発生するわけではないので、障害時のデータが少ない
 - 障害時のデータを学習ソースとするAIモデルを利用する場合に精度の劣化が見込まれる…
- ⇒何らかの「データ水増し手法」が求められる？ 例：GAN (Generative Adversarial Network)



■ 教師データの収集

- 「教師あり学習」を活用するためには、**教師データがもちろん必須**となる
- メトリックやログデータ等の統計情報は現在の運用システムで貯められていると思うが、**ネットワークに関する状況を記述するメタデータ**はきちんと関連付けられて収集されていないのでは？
 - メタデータ例：メンテナンス作業情報、障害情報
- 運用管理システムの改修が必要？

画像処理の例



メタデータ：犬



メタデータ：犬

教師データをもとに、未知の画像の犬猫判定が可能となる

ネットワークへの適用

ネットワークの統計情報

時刻 (5/21)	CPU利用率
10:00:00	10%
10:05:00	11%
10:10:00	50%
10:15:00	40%
10:20:00	30%
10:25:00	10%

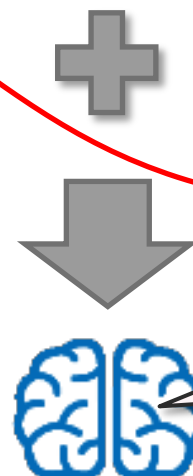
ネットワーク状態に関するメタデータ

作業管理DB

日時	作業内容
5/1 01:00	増速作業
5/10 01:00	顧客接続作業
5/15 03:00	切替作業

障害管理DB

日時	作業内容
5/6 14:21	リンク障害
5/17 09:54	LC故障
5/21 10:02	RP故障



2つの情報により、RP故障時のCPU利用率の振る舞いを学習⇒RP故障の検知が可能となる

教師データをもとに、現在のNW状態の判定可能に (例：作業か？ 障害か？)

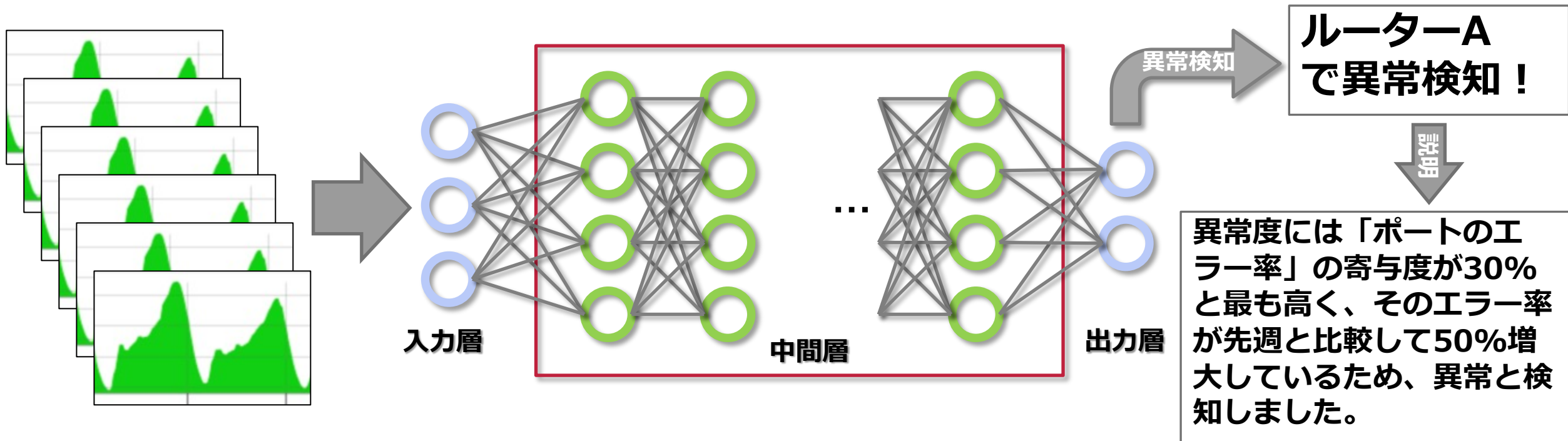
■ 組織的課題

1. 運用者の教育

- AI/ML技術の取得が必須
 - 自分達で運用ネットワークに最適なAIモデル選択、学習モデルの更新、ハイパーパラメータチューニング等を実施することが求められている

2. AI/MLへの信用・信頼

- よくありそうな話
 - 上司「AIは信用できない」「なぜそのAIは障害と判定しているのか」
 - ベンダ「貴社のAIがHW故障を予想しているが、弊社のAIは故障を検知していないのでHW交換はできません」
- 「説明可能なAI：Explainable AI」に期待？



■ ブラックボックス化の懸念

- 特に深層学習では、中間層が多層となり、訓練したモデルによって「なぜ、その結果を推論したのか？」を人間に理解可能な形で説明するのは困難

■ 説明可能性・Explainability

- 深層学習の普及により、近年注目を浴びている
- 様々な手法が存在するが、推論への寄与度などを活用し人間が理解可能な形で“説明”する

■ 自律型ネットワーク

- ユーザのIntentにより、ネットワークを自律的に制御・運用する
- 様々な標準化団体でアーキテクチャ・APIの標準化が進められている

■ AI/MLによるネットワーク運用

- 機械学習や深層学習をネットワーク運用に適用し、自律型ネットワークが狙うレベル5の自動化レベルを目指す

■ 皆様に聞いてみたいこと、議論したいこと

- **AI/MLをネットワーク運用へ導入するための障壁や不安はありますか？**
 - ・ 技術的課題
 - ・ 組織的課題
- **すでにAI/MLをネットワーク運用へ導入した事例・ノウハウなどあったら聞いてみたいです**