

「革新的AIネットワーク統合基盤技術の研究開発」の 取り組み

KDDI株式会社

2021年 4月 7日

Tomorrow, Together

KDDI

1

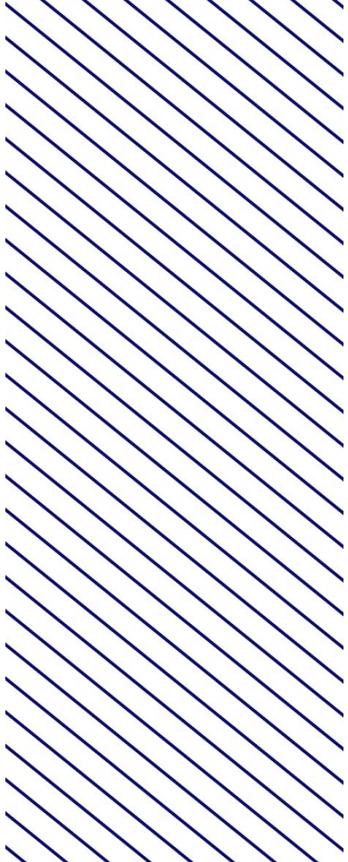
ネットワーク技術と運用監視の課題

2

革新的AIネットワーク総合基盤技術の研究開発

3

先進的仮想化ネットワークの基盤技術の研究開発



ネットワーク技術と運用監視の課題

仮想化の運用

従来のNW設備

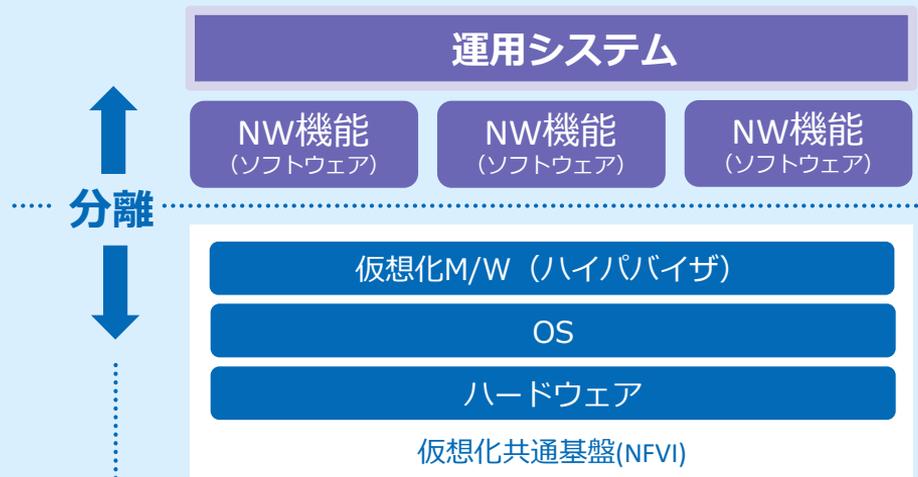
ソフト/ハード一体でベンダから提供



ベンダ手順書に従った復旧作業
サイレント障害や複合障害が懸念

仮想化 (NFV) のNW設備

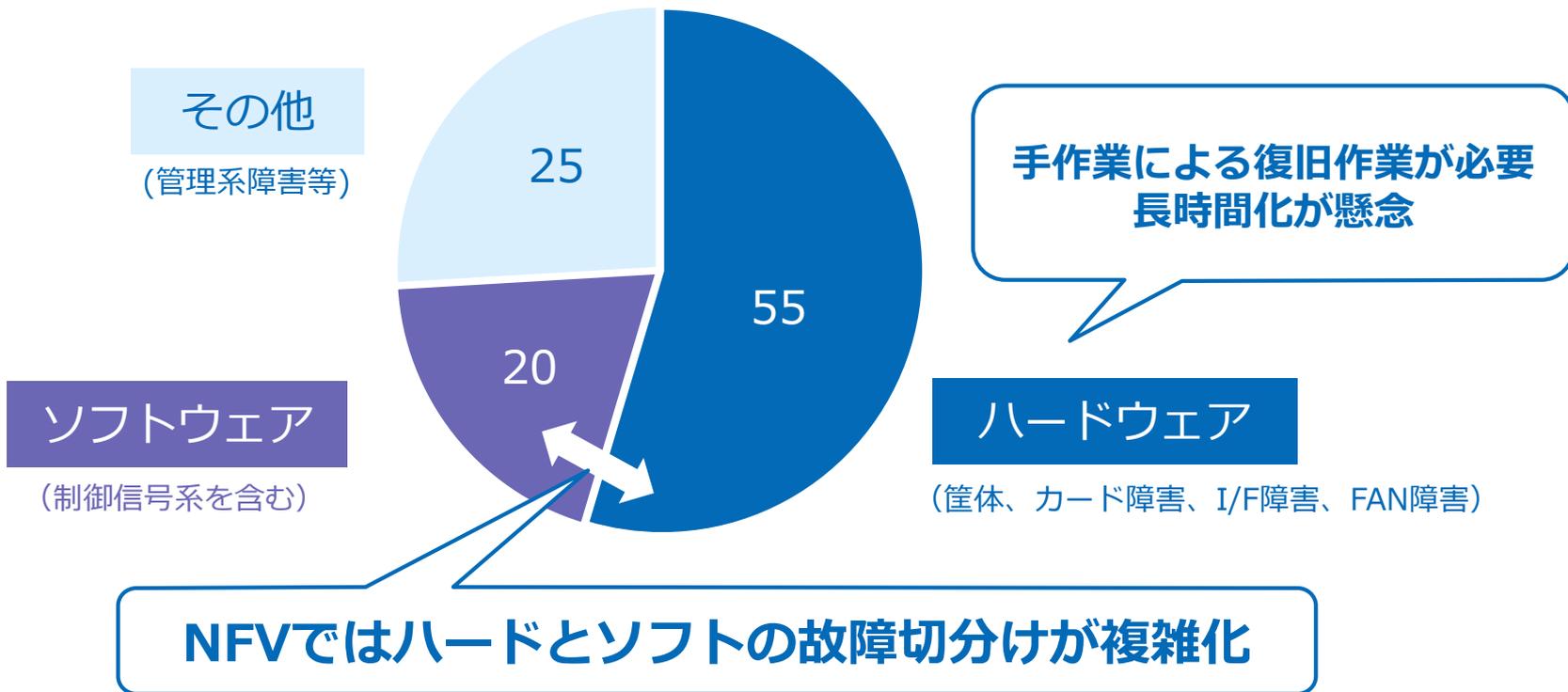
ハードとソフトは分離され、
ベンダは各NW機能(ソフトウェア)のみを提供



障害箇所の切分けが複雑化
運用上、分離のメリットが薄い

LTE系設備の障害事例

既存設備(MME)における障害種別ごとの割合 (障害の規模には大小あり)

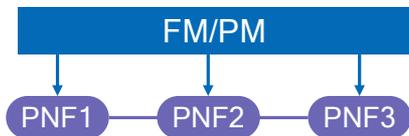


監視対象の増加の影響比較

3ノードの場合の比較

- 物理環境のみの場合は3ノードの状態監視が良い
- 仮想環境をはさむと監視対象は爆発的に増加
- 下記例では監視対象は8に増加

物理環境のみ

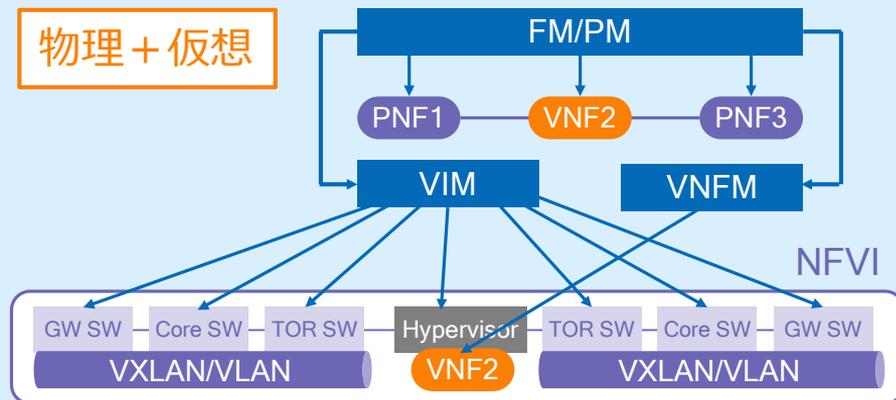


Seq	Check
1	PNF1 Device State Check : OK
2	PNF2 Device State Check : NG
3	PNF3 Device State Check : OK

Monitoring Items

3 → 8

物理 + 仮想

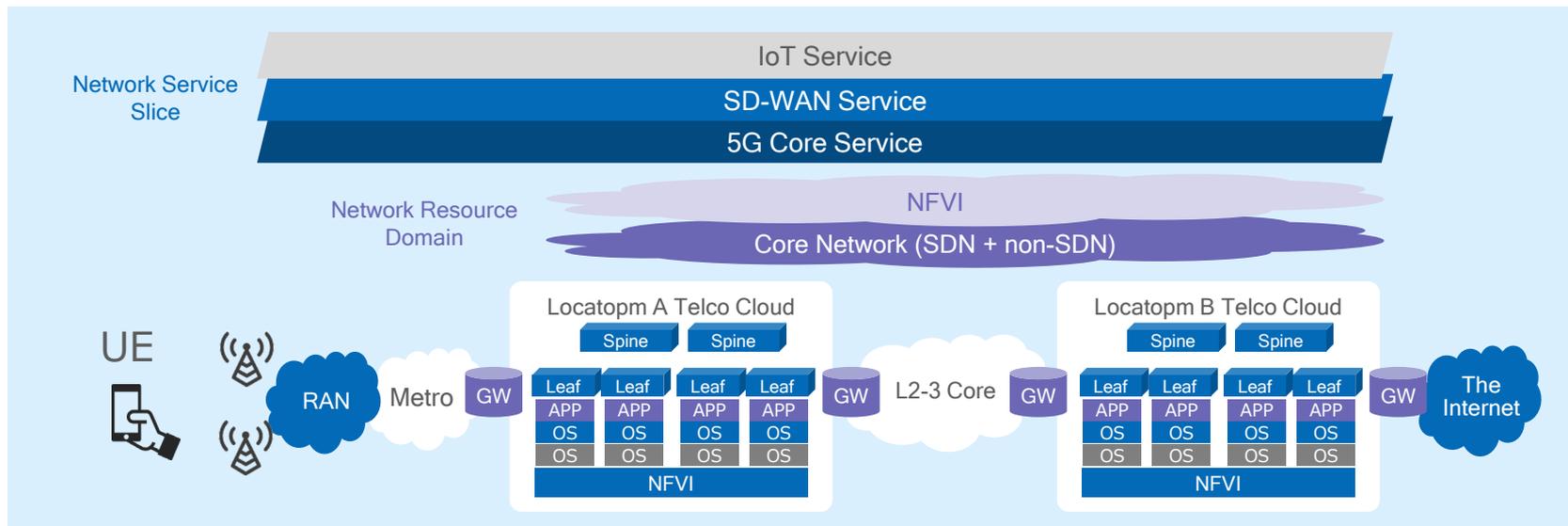


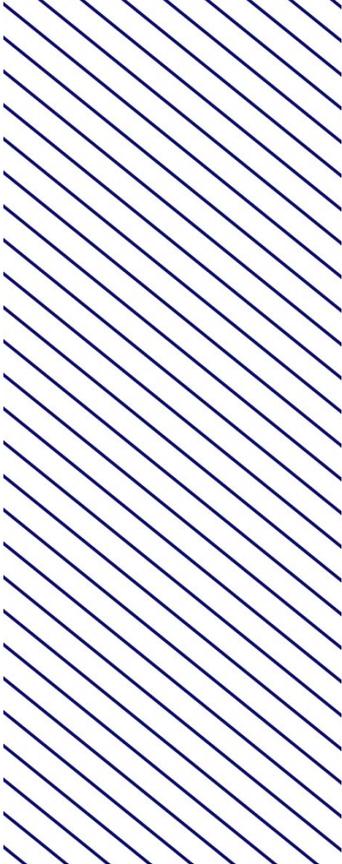
Seq	Check
1	PNF1 Device State Check : OK
2	VNF2 Device State Check : NG
3	PNF3 Device State Check : OK
4	NFVI Hypervisor Check : NG
5	NFVI Network GW SW Check : OK
6	PNFVI Network Core SW Check : OK
7	NFVI Network TOR SW Check : OK
8	NFVI Network VXLAN/VLAN Check : OK

End-to-End監視

End-to-End監視が複雑化し、監視者への負荷増を招く

NFVの導入で、VNFノードやNFVIの監視だけではなく、NFVIを構築する際に必要となるネットワーク(例：Spine-Leaf構成のためのSDN)の監視が追加が必要。また、従来と同様に他設備と接続するL2/L3ネットワークの監視も必要





革新的AIネットワーク総合基盤技術の 研究開発

研究概要

- 事業名称：** 革新的AIネットワーク総合基盤技術の研究開発
事業期間： 2018年度（平成30年度）～2020年度（令和2年度）
事業概要： ネットワーク制御へのAIの活用やトラヒックの状態分析を行うための「AIによるネットワーク運用技術」、及びAIによるサービス要件分析やネットワークリソースの最適配分を行うための「AIによるネットワークサービス自動最適運用制御技術」の2つから成る、革新的AIネットワーク統合基盤技術に係る研究開発を行う。

革新的 AI ネットワーク統合基盤技術の研究開発

KDDI 代表研究責任者：大谷 朋広

I. 「AIによるネットワーク運用技術」の実現

ア. AIネットワーク基盤運用制御技術に関する研究開発

(1) AIネットワークアーキテクチャ技術

KDDI 研究責任者：大谷 朋広
 ビジネスプロデューサ：宮澤 雅典

(2) AIサービスネットワーク基盤制御技術

NICT 研究責任者：原井 洋明
 ビジネスプロデューサ：矢野 博之

イ. AIネットワーク状態分析技術に関する研究開発

KDDI 研究責任者：大谷 朋広
 ビジネスプロデューサ：宮澤 雅典

II. 「AIによるネットワークサービス自動最適運用制御技術」の実現

ア. AIネットワークリソース最適化技術

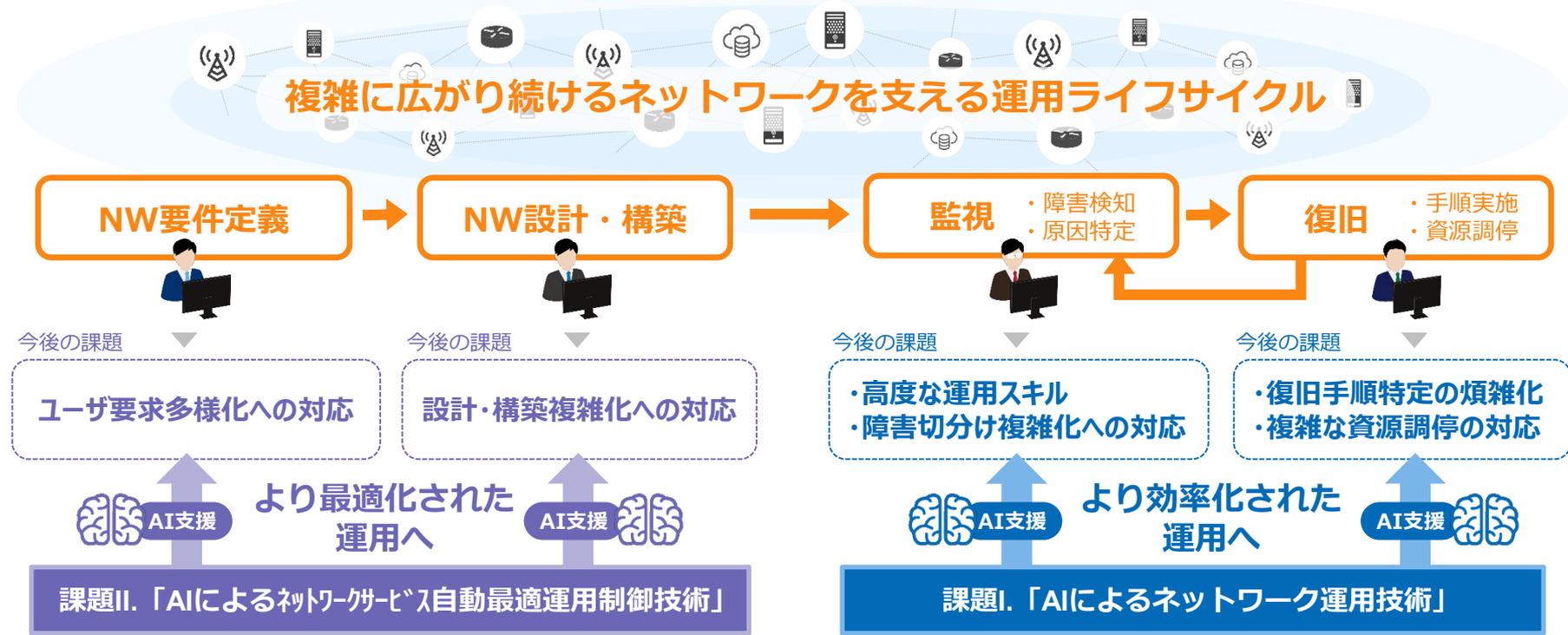
HITACHI 研究責任者：桑原 幹夫
 ビジネスプロデューサ：福島 隆生

イ. ネットワークサービス設計制御・更新技術

NEC 研究責任者：津村 聡一
 ビジネスプロデューサ：田中 淳裕

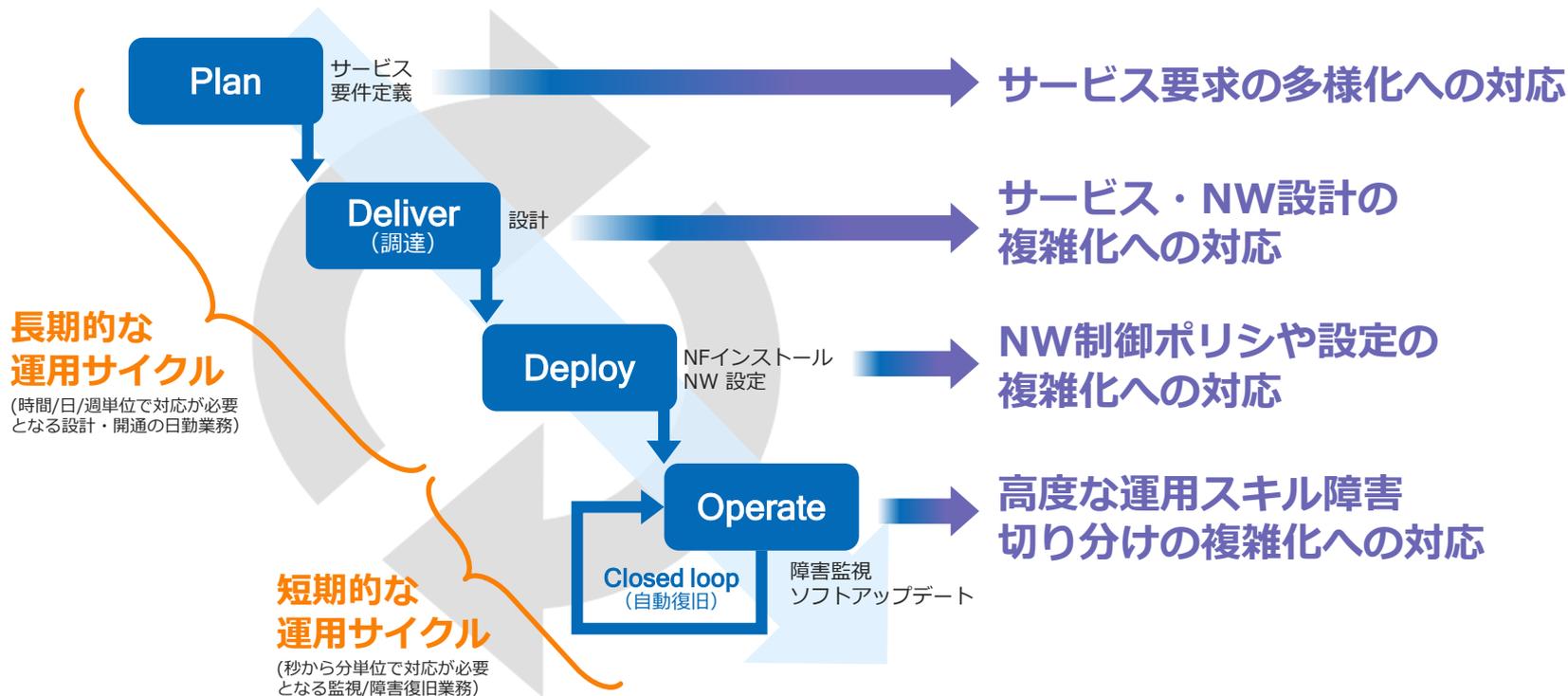
研究開発の全体像

少子高齢化時代において高スキル運用者が減となる中、安定した通信インフラ提供のため運用ライフサイクルを維持するべくAIアルゴリズム・商用適用技術の確立を目指す



AI技術の商用ネットワークへの適用検討

安定した高信頼な通信インフラ提供のため、効率的かつ動的なライフサイクル管理の実現が必要



自動化レベルの定義と目指すべきターゲット

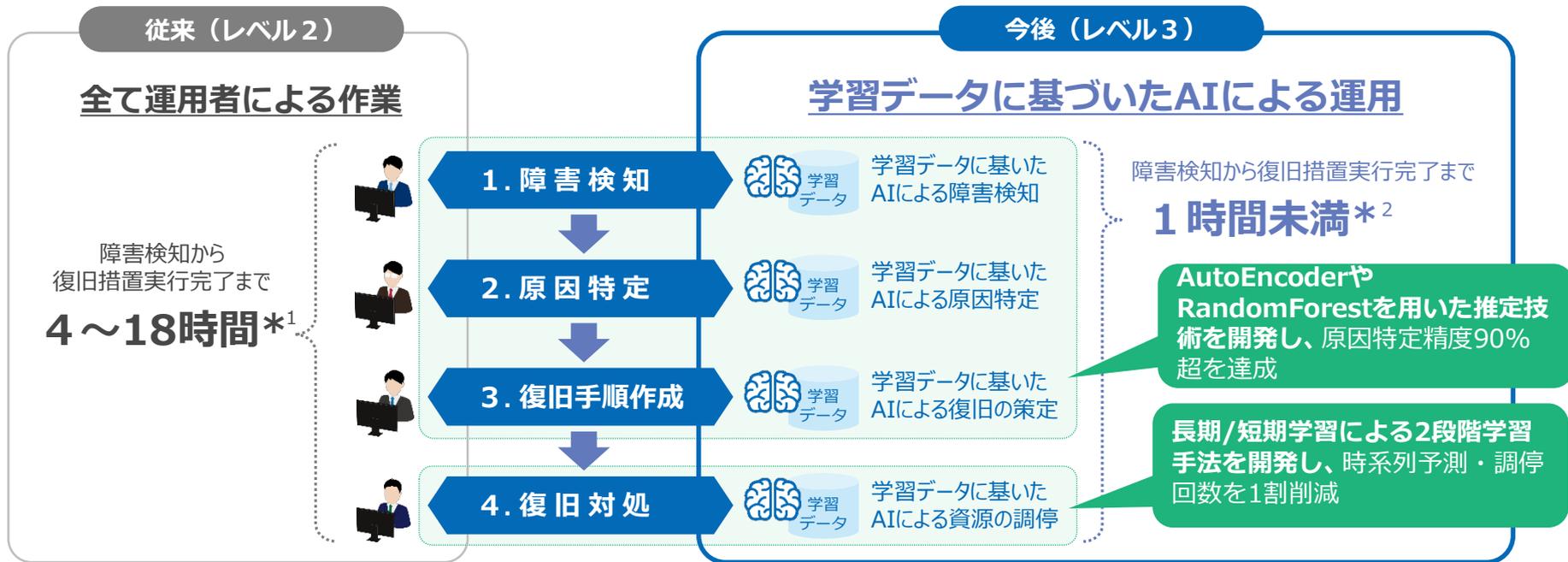
本プロジェクトの最終目標として、自動化レベル3を目指すため、各課題単位での自動化レベル3の実現に向け各課題で設計開発・技術確立を推進する。

	レベル	概要	設計／制御業務	障害検知・特定 復旧業務
実現済み	Level 0	人による運用業務 運用者がすべての運用タスクを実施	運用者	運用者
	Level 1	運用タスクの一部自動化 スクリプトによるコマンド実行操作を自動化		
	Level 2	運用プロセスのフロー自動化 ルール（しきい値等）ベースによる判断の一部自動化		
今後	Level 3	運用プロセスの判断自動化 AI/MLによる判断の一部自動化	システム（主） 運用者（副）	システム（主） 運用者（副）
	Level 4	特定環境における完全自動化 AI/MLによる特定の業務やNWに特化し完全自動化	システム	システム
	Level 5	完全自動化 AI/MLによるすべての業務・NWに自動化が対応		

(※)ETSI ISG ENI(Experimental Networked Intelligence)の定義に基づき、KDDIが作成

研究開発成果（アウトプット）概要 - 課題 I -

- 自動化レベル3に向けた**90%超の正解率の原因特定手法**や世界的に高品質な**重大事故の1時間以内復旧**に目途
- 既存設備と同等の高い品質が要求される最新の**仮想化ネットワーク**における先駆的な研究開発の成果を導出

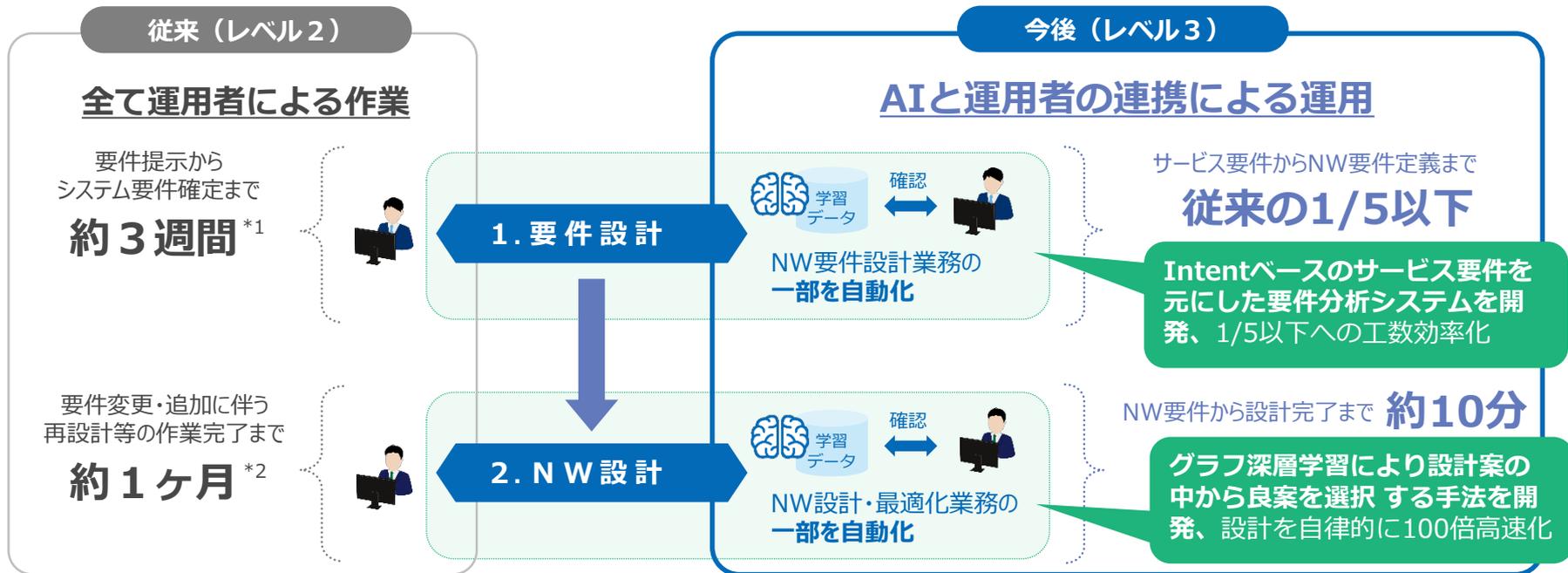


*1 KDDIのモバイルコア網における、呼処理機能などのSWバグ障害(2013年事例)、外部環境に起因する異常ルート数流入障害(2017年事例)を主たる検証事例とする

*2 仮想ノード数100ノード程度におけるネットワーク運用業務（障害検知→原因特定→復旧手順作成→復旧対処）

研究開発成果（アウトプット）概要 - 課題Ⅱ -

- 自動化レベル3に向けた高速な要件設計（1/5以下）およびネットワーク設計（10分程度）を実現
- 中小企業等に対し多量、安価、安定的なICTサービスを従来より圧倒的な迅速さで提供する基盤が確立



*1 人手で行われているネットワーク要件策定における機能／非機能要件の抽出が長期化の原因であり、要件提示からシステム要件確定まで約3週間

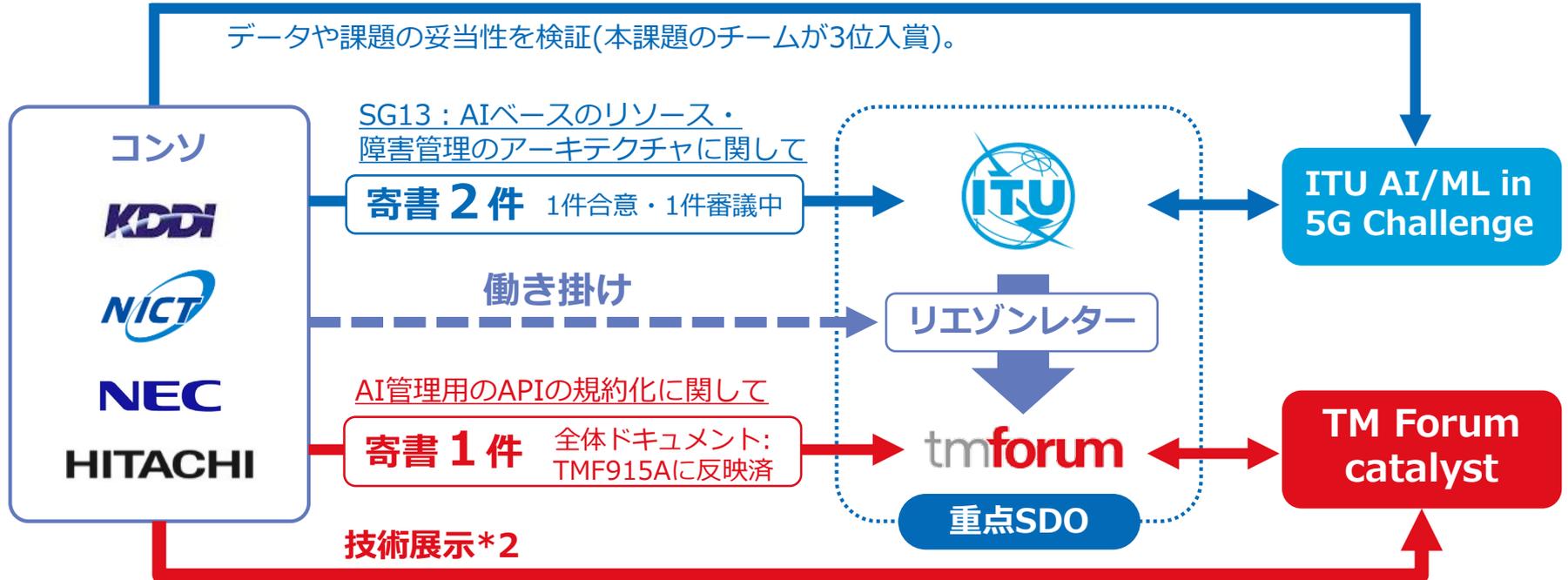
*2 自動化が導入されていない設計工程では、要件変更・追加に伴う再設計等の作業完了まで、現状人手で5人月、期間として1ヶ月程度

標準化活動

ITU-TとTM Forumを重点SDOと定め、国プロの成果を複数の活動やパスでインプット

ITUデータ分析コンペにて課題Iのデータを用いた課題を出題*1

データや課題の妥当性を検証(本課題のチームが3位入賞)。



*1) ITU-ML5G-PS-031, "Analysis on route information failure in IP core networks by NFV-based test environment."

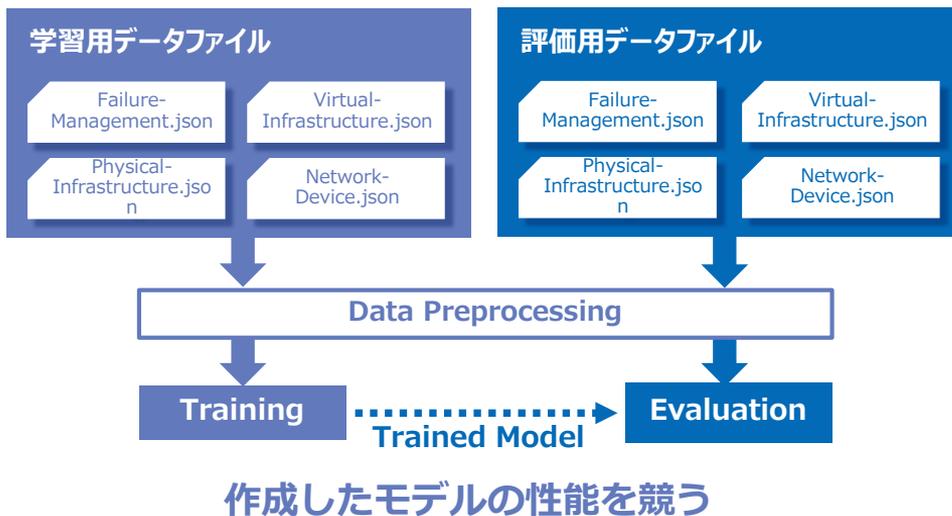
*2) AI-Empowered E2E 5G Operational Architecture



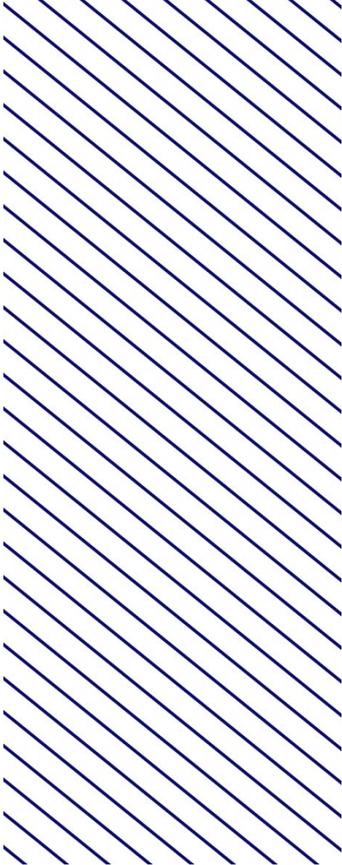
ITU主催「AI/機械学習 5Gチャレンジ」

ネットワークや社会データなどに関する問題を出題し、学生や企業からの参加者がAI/MLによる解法を競うコンテスト(2020/7-12)。

研究代表であるKDDIが運営に貢献し、国プロでKDDIが対応中の「仮想IPコアネットワークにおけるルート障害の分析」の題材を提供。日本ラウンドでは、14チームが参加し、最終的に6チームがプレゼン。



種別	ファイル名	データ内容	フォーマット
ラベル	Failure-management	時系列に沿って記載された障害発生、復旧とその内容	json
	Virtual-Infrastructure	時系列に沿って記載された、Openstack ceilometerから取得されるinstance, networkにおけるパフォーマンス情報	json
データ	Physical-Infrastructure	時系列に沿って記載された、Openstackを構成する物理サーバから取得されるパフォーマンス情報	json
	Network-Device	時系列に沿って記載された、仮想ネットワークを構成するNEから取得されるパフォーマンス情報、BGP経路情報	json



先進的仮想化ネットワークの基盤技術 の研究開発

1.0

専用物理機器上に
個別のNW機能を実装

PNF

2.0

汎用物理サーバ上に
仮想化されたNW機能を実装

VNF

3.0

クラウド環境上に
クラウドネイティブ化
されたNW機能を実装

CNF

インフラレイヤの効率化
➡ NW機能の仮想化

インフラレイヤの抽象化
➡ NW機能のクラウドネイティブ化

OSS/BSS

Orchestrator

VNFs

OpenStack / VMware

(Bare Metal) Server

仮想レイヤの導入により、
インフラレイヤの効率的な
利用を目的とする。管理対
象の増加やカーネルレイヤ
での複雑性が上昇。オーケ
ストレータを利用した複雑
性への対処が一般的。

OSS
/BSS

Orchestrator

クラウドネイティブ
管理技術

VNFs

CNFs

OpenStack /
VMware

Kubernetes

(Bare Metal)
Server

Any Cloud

クラウドネイティブ管理技
術の活用により、インフラ
レイヤの抽象を行う事で、
NW機能のより効率的なイン
フラレイヤ利用が検討され
始めている。

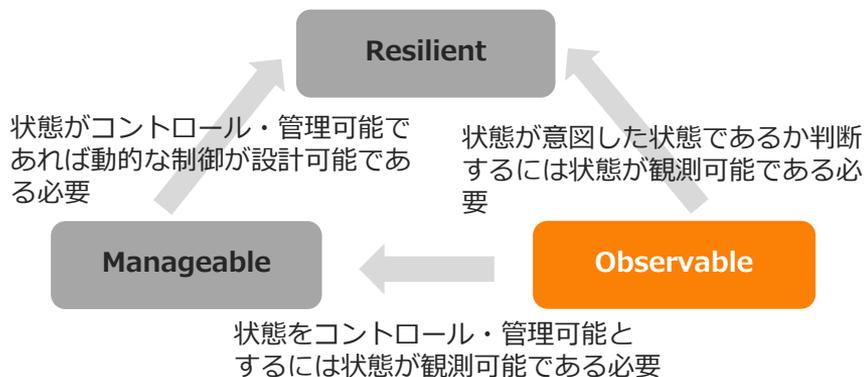
キャリアグレード品質のCNF基盤実現に向けた仕組み

可用性向上：CNF基盤における可観測性を定義し、AI活用のための特徴量の高いデータ取得を可能に

高速設計：AIを活用した事前設計の導入により、運用前の設計構築・運用後の調停を高速に実現可能に

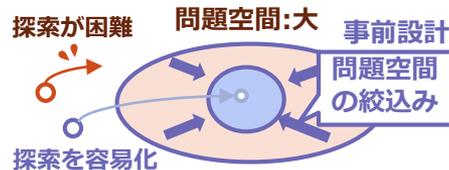
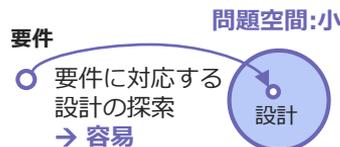
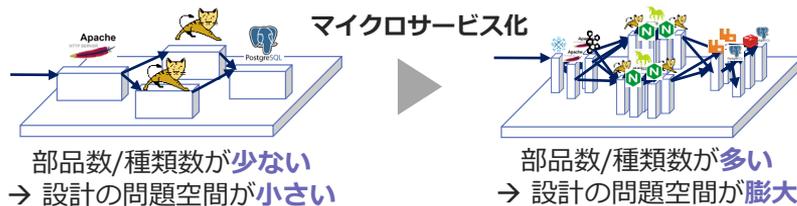
可用性向上の仕組み

- Resilientなシステムを構築するためには、状態を**制御**することが可能な**Manageableな機能**が必要
- Manageableであるためには、システム・アプリケーションの状態の変化が**観測**できる**Observableな環境**が必要
- Resilientなシステムが意図した状態であるかを**確認**するためにも、**Observableな環境**が必要



高速設計の仕組み

- 仮想マシンからコンテナへの移行に伴い、マイクロサービス化（1機能/1コンテナ化）し、**部品数と技術数が大幅に増加**
- 設計が複雑化（問題空間が拡大）し、最適解の探索がより難しくなる中で、コンテナの特性を活かした高速な構築や制御には、**事前設計等の工夫**による高速設計・高速調停が必要



研究概要

事業名称： 先進的仮想化ネットワークの基盤技術の研究開発

事業期間： 2021年度（令和3年度）

事業概要： サービスの要求条件に対応した通信ネットワークを迅速に提供可能とするとともに、複雑化する通信ネットワーク環境下においても耐障害性を高めることにより、クラウドネイティブ環境下における通信ネットワークの安全・信頼性を確保するため、「障害事前予測技術」、「超高速化ICTシステム設計技術」、「基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術」の研究開発を行う。

先進的仮想化ネットワークの基盤技術の研究開発



代表研究責任者：大谷 朋広

ア) 障害事前予測技術に関する研究開発



研究責任者：大谷 朋広
ビジネスプロデューサ：宮澤 雅典

イ) 超高速化ICTシステム設計技術に関する研究開発



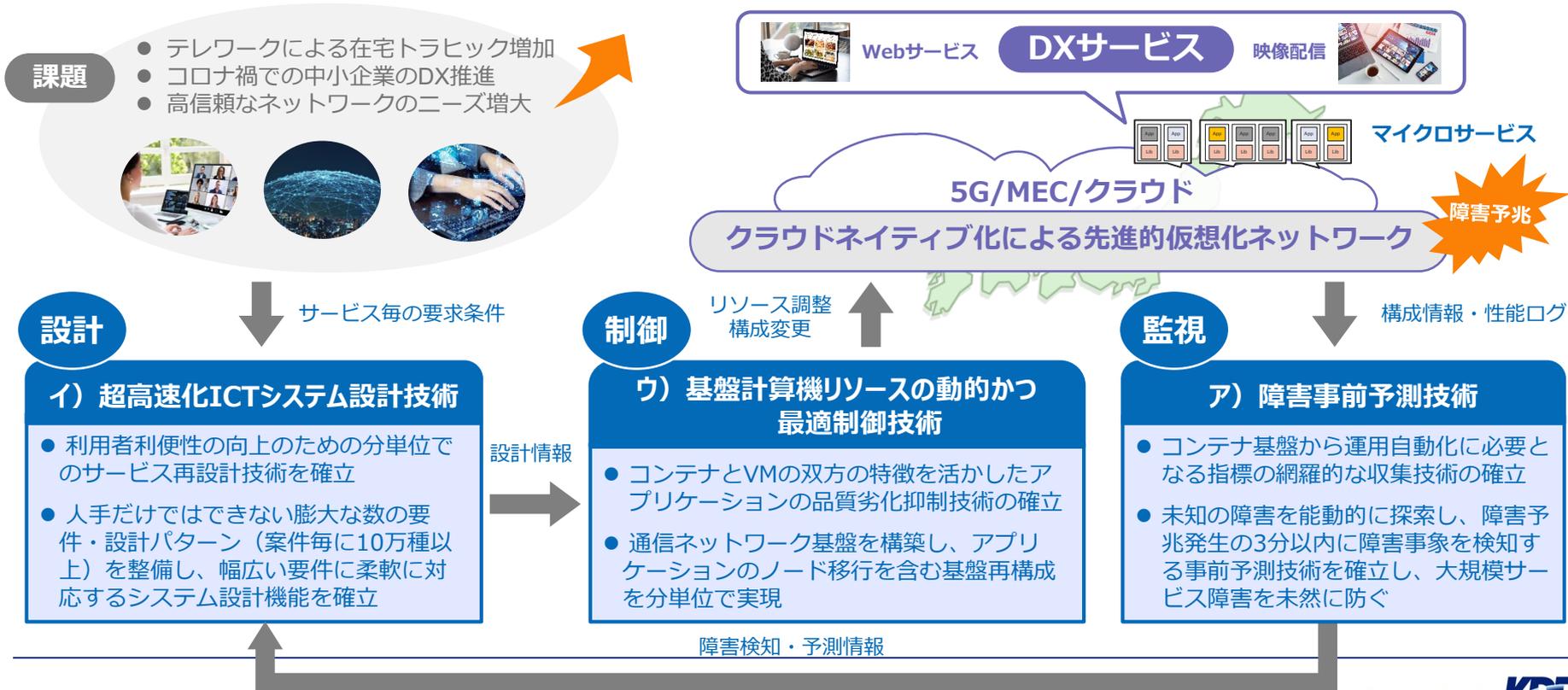
研究責任者：津村 聡一
ビジネスプロデューサ：福田 靖

ウ) 基盤計算機リソースの動的かつ最適制御技術に関する研究開発



研究責任者：原井 洋明
ビジネスプロデューサ：矢野 博之

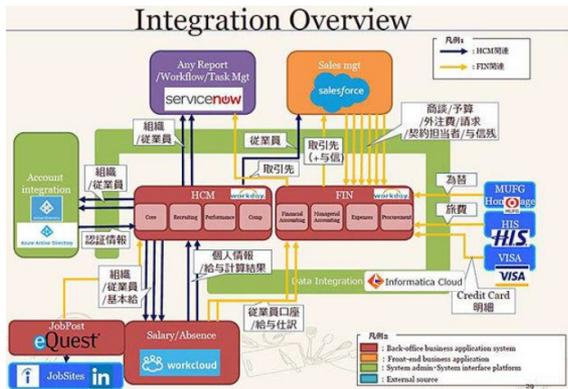
CNF基盤技術をAI技術で機能拡張することにより、柔軟性・拡張性が高く、シームレスな設計、制御、監視環境が提供できるため、DXサービスの推進に貢献する。



5G時代には、ネットワークサービスだけでなく様々なDXサービスが、お客様の**オーダから数時間で提供**される。高品質で低廉なネットワークが、**運用・人的負荷が低減**された中で実現される。

Webサービス企業のコンテナ適用事例

- クックパッドはクラウドネイティブなアーキテクチャで基幹システムを構築。マイクロサービスの適用により、ユーザに対し、**柔軟かつ迅速な追加や組合せ**を可能としている。

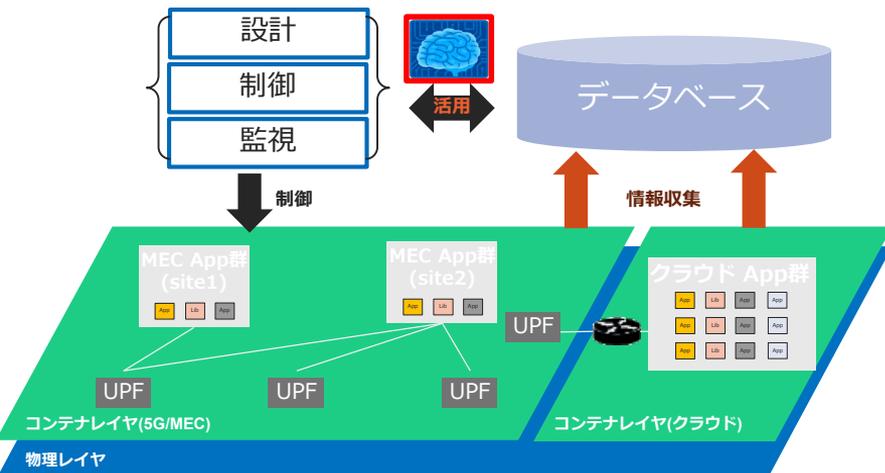


クックパッドのマイクロサービスを支えるシステムアーキテクチャ

出展：ZDNet Japan, クックパッド事例 <https://japan.zdnet.com/article/35125375/>

コンテナを活用した5G NW構築/運用

- 5GCore(UPF)/MEC/クラウドのリソースをCNF上で統合的に管理することによって、ネットワークサービスを迅速に配備し、安定した提供につなげる。



ネットワーク技術と運用監視の課題

- ✓ 仮想化の流れ、仮想化NWの運用

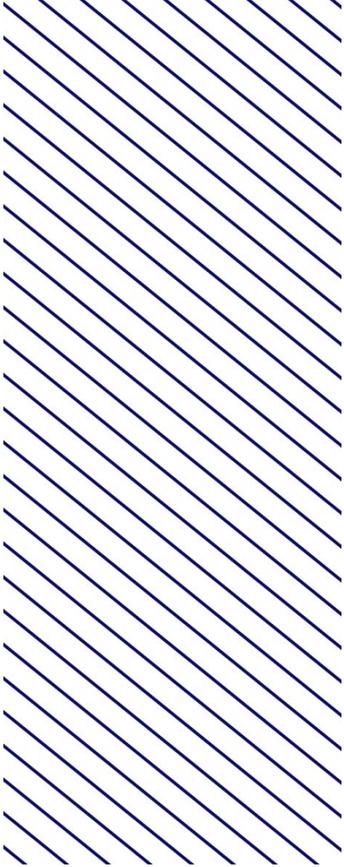
AI技術を活用したネットワーク運用監視の研究開発

- ✓ AI技術の適用可能性
- ✓ 実運用への適用を目指した研究開発

先進的仮想化ネットワークの基盤技術の研究開発

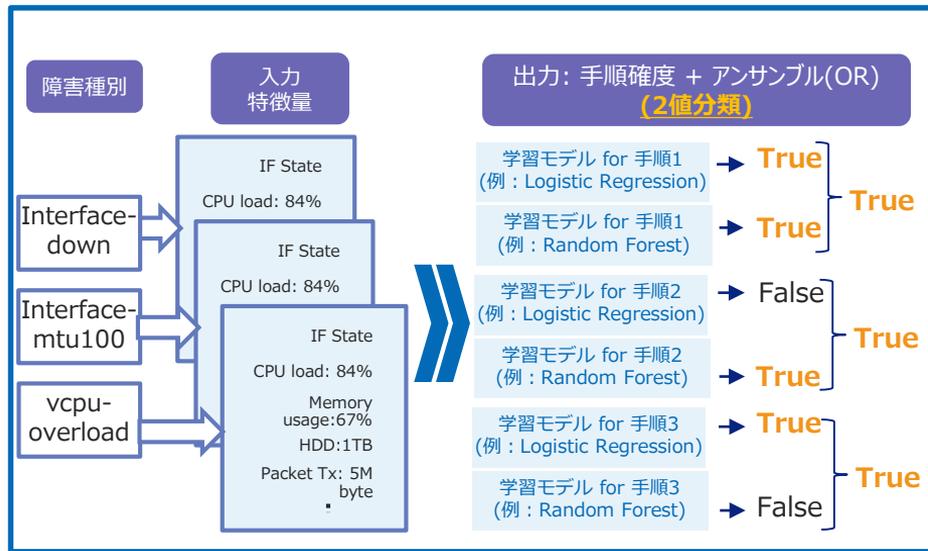
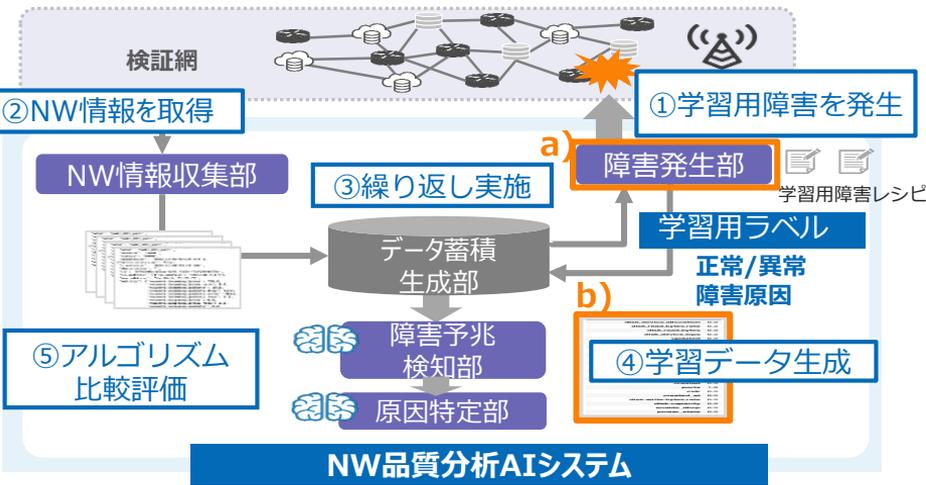
- ✓ PNFからVNF、そしてCNF
- ✓ キャリアグレード品質のCNF基盤の実現を目指した研究開発

ネットワーク運用監視へ適用できるAI技術、CNF技術の研究開発を進め、来るべく5G、その先の6Gの安定サービスへ貢献してきたい。



参考資料

革新的AINW 研究開発の技術的特徴 - 課題 I -



技術的特徴

- 網羅的に障害を発生させることで、**実環境に比べ約300倍程度の学習用データセット**を蓄積
- 障害がより顕著に表される障害前後データの差分を学習データとすることで、時系列分析を分類問題に置き換え

技術的特徴

- 障害に応じて**精度の高いアルゴリズムを選択**することで高精度を維持
- モデルを復旧手順毎に作成することで、商用で新たな復旧手順が追加されても再学習が発生しない

革新的AINW 研究開発の技術的特徴 - 課題 I -

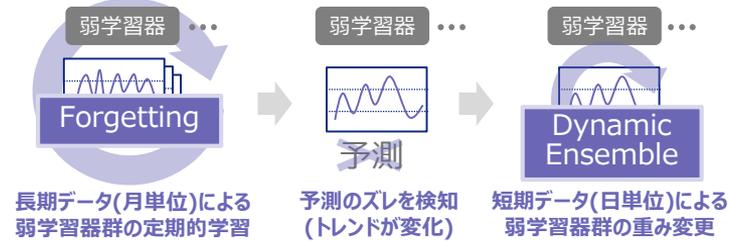
障害検知

原因特定

復旧手順作成

復旧対処

従来の再学習では分～時間単位の所要時間 → **秒単位に!**

計算資源制御機能
(資源調停)

資源利用状況分析機能

SFC機器マネージャ
NAT Contents Cacheサービス機能
提供者サービス機能
プロキシサービス機能
提供者サービス機能
プロキシ

サービス機能転送器

計算資源コントローラ

VM 20台

SFCノード

物理ノード 10台

計算資源の組み合わせは $O(k^n)$

統括AI

物理ノードポロジ
SFC重複・利用容量
を大局的に考慮SFC配置
決定AI
AI (chain1) AI (chain2)
AI (chain3) AI (chain4)

分析

移行・再構成の
SFCを指示

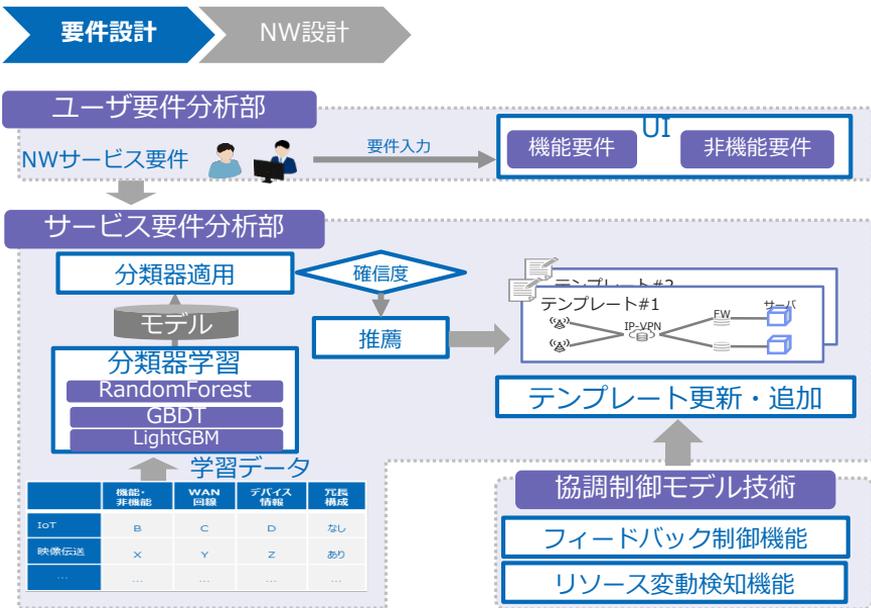
SFC毎の物理経路

計算資源制御機能
(移行・再構成)

技術的特徴

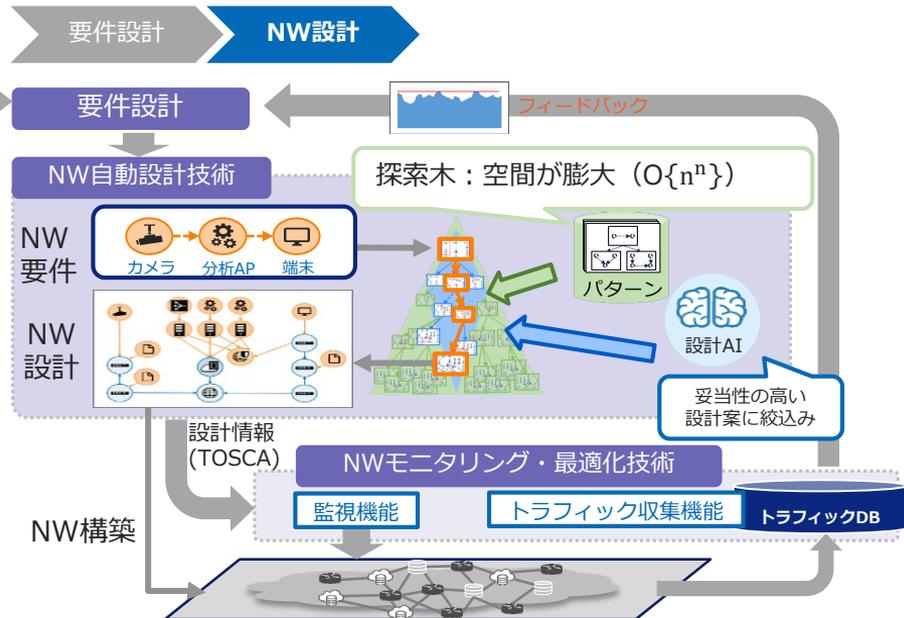
- 自動調停： 周期を変えた2段階学習により、計算資源利用傾向の変化をAIが秒単位で学習（7ヶ月分の実Webサーバログ）し、計算資源分析が可能
→過少予測の低減により、**調停回数を1割削減**
- 自動移行/再構成： SFC配置決定AIとSFC重複を制御する統括AIの階層化により各ノード上のSFC数を平滑化し、**規模拡大に伴う最大負荷(SFC集中)を半減**

革新的AINW 研究開発の技術的特徴 - 課題Ⅱ -



技術的特徴

- ユーザのNWサービス要件を入力し、機能・非機能要件を策定、サービス要件分析部に入力し、最適な**NW要件（テンプレート）を自動選択**
- 導出したNW要件を連携用IFを通じてNW構築部へ通知
- 連携用IFよりNW状態を取得し、フィードバック制御機能によりリソース（帯域）を効率的に利用する為のフィードバック制御
- フィードバック内容をもとにテンプレート情報を更新・追加



技術的特徴

- 抽象的に表現されたNW要件を、配備可能な具体的なNW設計案へ、木探索によって変換
- 探索木の各段において、設計AIが妥当性の高い選択枝を選択し、膨大な空間を効率的に探索
- **強化学習を用いた設計AIのトレーニング方法**により膨大な教師データ/設計例は不要

先進的仮想化NWのスケジュール

研究開発内容		令和3年度上期	令和3年度下期
課題ア 障害事前予測技術	1.オープンコミュニティ調査	オープンコミュニティ調査	
	2.要件定義	障害ユースケース定義 → インフラ要件定義 → 指標と収集法の検討	
	3.実証		プロトタイプ開発 → 実証実験
課題イ 超高速化コンシステ 設計技術	4.超高速ICTシステム設計技術	方式設計 → 試作	実証・評価
	5.パターンの組み合わせに基づく要件と障害のバリエーション生成技術	方式設計 → 試作	実証・評価
	6.動作検証基盤および制御IFの開発	設計・実装	実証・評価
課題ウ 基盤計算機リソースの 動的かつ最適制御技術	7.VM/コンテナ2階層型における計算機リソース動的制御技術	設計・初期構築 → 評価	
	8.動作検証用通信ネットワーク基盤構築	設計・実装	検証・評価
	9.基盤構成状況やリソース利用状況等の可視化システム開発	設計・実装	検証・評価

Tomorrow, Together

KDDI