

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 Beyond 5G超高速・大容量ネットワークの自律性・超低消費電力を実現するネットワークサービス基盤技術の研究開発
研究開発項目1 ネットワークサービス基盤技術
- ◆副題 超高速・大容量ネットワークの一元的な制御や電源最適化を実現するネットワークサービス基盤技術の研究開発
- ◆受託者 日本電気株式会社、日本電信電話株式会社、富士通株式会社、株式会社NTTドコモ
- ◆研究開発期間 令和4年度～令和5年度（2年間）
- ◆研究開発予算（契約額） 令和4年度から令和5年度までの総額7,123百万円（令和5年度2,423百万円）

2. 研究開発の目標

ネットワークを構成する機器を仮想化してネットワークリソースの一元的な制御を可能とし、ネットワークの自律性を確保すると共に、電力消費の最適化を実現するため、無線基地局、ネットワーク交換機等の機能を仮想化し、一元的な制御や電源最適化を実現する技術の研究開発を実施する。

2022年度:要素技術の方式やアーキテクチャの検討、また試作ソフトウェア開発に着手し、開発環境を構築する。

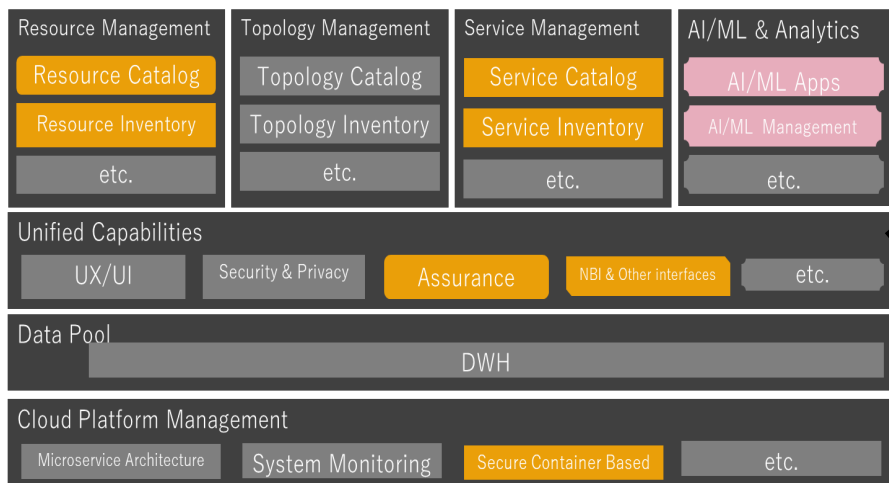
2023年度:要素技術の実装・実証を行い結合仕様を策定する。

また、各研究開発項目の連携に向けたインターフェースの設計と基本実装を策定し、連携検証に向けた準備を行う。

3. 研究開発の成果

a) ドメイン連携NWリソースオーケストレーション基盤技術

サービスintentに基づく自律運用技術を中心とした超分散大規模NW自律オーケストレーション要素技術の方式検討、ソフトウェア試作及び洗練化



[2022年度]

研究開発成果:A大規模NWオーケストレーション要素技術の方式検討及び試作開発

- インベントリ最新情報取得方式の検討/試作
- マルチベンダ対応の自動化方式の検討/試作
- アラーム収集およびデータ管理方式検討
- マルチドメインスライスI/F調査及びクローズドループ試作

研究開発成果:Bサービスintentに基づく自律運用技術の基礎方式確立/試作ソフトウェア開発

- Intentの運用計画に関する記述仕様に関する基礎検討
- サンプルモデルに基づく動作検証

研究開発成果:C 統合的なO-RAN自動運用機能の実装/洗練化

- 利用者数の増加に応じて仮想化基地局(vCU)のコンピューティングリソースを自動的に拡張する自動運用技術の実現を検証

[2023年度]

研究開発成果:A 大規模NWオーケストレーション要素技術の実装/実証/仕様洗練化

- 收容管理の負荷軽減/性能向上
- NFに対する自律制御
- マルチベンダ装置のアラーム及びインベントリデータ一元管理方式策定
- サービスintent自律運用のマルチドメイン展開と実証を実現

研究開発成果:B サービスintentに基づく自律運用技術の実証

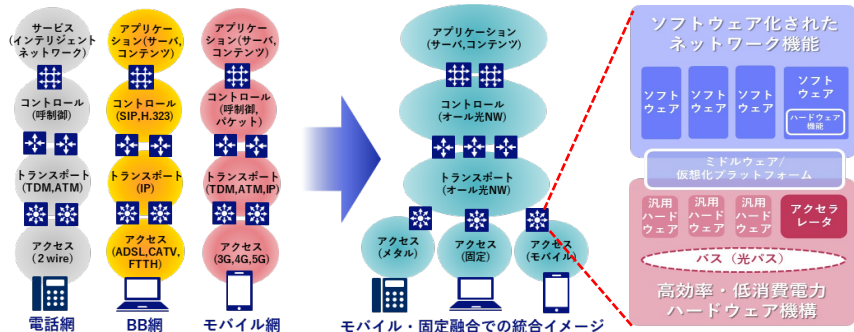
- 具体的なユースケースに沿ったサンプルモデルを開発して、自律運用機能全体の実現性を実証
- Intentのうち特に非機能要件に関するモデル記述仕様の洗練化を実施し記述効率を改善

研究開発成果:C 統合的なO-RAN自動運用機能の実装/洗練化

- 利用者数変動と要求帯域変動に応じて、仮想化基地局(vCU-C/U)のPodレベルでのコンピューティングリソースを最適化できる試作ソフトウェアを開発し、更なる自動運用の改善を実施

b) 超高性能・超高効率・超高信頼を指向した通信サービス制御技術

回線種別毎に最適化されたNWに対して、仮想化とオープンネットワーク技術を基に、マルチアクセスを収容する通信サービスシステムを実現。



- A マルチアクセス収容を実現するネットワーク機構技術
- B マルチアクセス収容を実現するサービス共通化技術
- C HWアクセラレーションによるオフロード技術
- D モバイル/固定系音声信号処理機能のソフト化技術

[2022年度]

研究開発成果A: マルチアクセス収容を実現するネットワーク機構技術

仮想化されたNW機能を高度に連携させるためにはアーキテクチャの共通化が不可欠。

- **パケット転送処理機能(UPF)の部品化**を実施。

研究開発成果B: マルチアクセス収容を実現するサービス共通化技術

モバイル・固定音声通信サービス機能は、従来、ハード/ソフト間が密結合となっており、機能を分離した上で共通的なIFを持たせた機能部品とすることが課題。

- **各機能部のソフトウェア部品化**を実施し、**汎用サーバ上で動作する仮想化システムを構築**。

研究開発成果C: HWアクセラレーションによるオフロード技術

機能部品や汎用サーバ特有の性能観点から、アクセラレータへのオフロードが課題。

- **QoS機能のオフロードとメモリ共有技術の確立**を実施。

研究開発成果D: モバイル/固定系音声信号処理機能のソフト化技術

固定・モバイル音声通信機能のうち、演算処理資源を多く用いる機能(コーデック等)はハードウェア部品(DSP等)で実現しており、リソースの観点からソフト化することが課題。

- **DSP仮想化の実現性見極め、GPUアクセラレーション**を実現。

※効果は弊社モデルケースの暫定値

[2023年度]

研究開発成果A: マルチアクセス収容を実現するネットワーク機構技術

- **パケット転送処理の拡張、OSSPlatformの適用**、個別機能部のプラグイン化に向け、**機能の動的拡張機構の実証コードを実装**を実現。**CPU/メモリ:約20%、設備台数:約40%削減の効果を確認**。

研究開発成果B: マルチアクセス収容を実現するサービス共通化技術

- **任意のマイクロサービス構成、共通IF化による分散型NW対応**を実現。**約30%設備削減の効果を確認**。

研究開発成果C: HWアクセラレーションによるオフロード技術

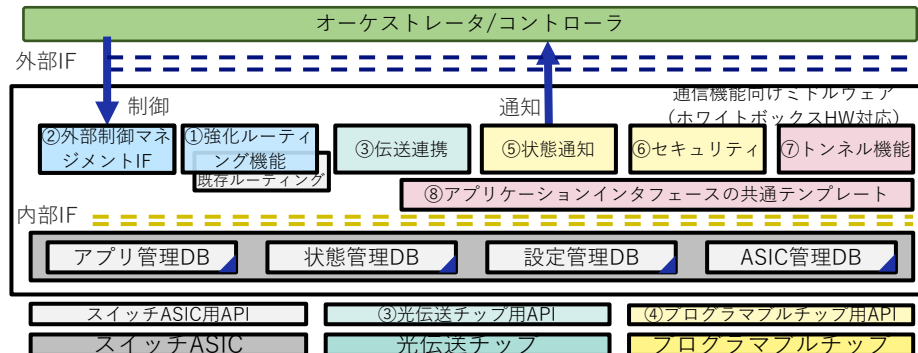
- **自律的なQoS制御と簡易的ディスアグリゲーションNWによるFPGA-GPU間メモリ共有によるヘテロニアスコンピューティングの基礎技術の確立**を実現。**消費電力18%削減の効果を確認**。

研究開発成果D: モバイル/固定系音声信号処理機能のソフト化技術

- **専用ノードと同等のU-PLANE機能・性能の実現**、仮想化のメリットを生かした高度な拡張性を実現。**S-NIC連携による更なる高速化を実現**。**67%電力削減/約29倍の性能向上の効果を確認**。

c) 複数の機能群を柔軟に利用可能な通信機能向けミドルウェア技術

従来と比較して2倍程度の通信サービスアプリケーション(NW機能)に対応可能となる機能をテンプレートとして提供する通信機能向けミドルウェアを実現



- 凡例
- 2022年度
 - 2023年度
 - 2024年度
 - 2025~26年度
 - ▲ 随時更新

- A アプリケーションインタフェース(NBI)
- B デバイスインタフェース(SBI)
- C NW機能拡充・ミドルウェア共通機能

[2022年度]

研究開発成果:A アプリケーションインタフェース(NBI)

NETCONF設定制御インタフェース試作設計・開発のうち、**2022年度試作機能の設計・製造を完了**

研究開発成果:B デバイスインタフェース(SBI)

インタフェース(SAI及びTAI)に関する調査・分析を完了

研究開発成果:C NW機能拡充・ミドルウェア共通機能

OSPF等のプロトコルも具備した他のルーティングスタックを統合するためのインタフェースの試作設計・開発において、**内部データ構造拡張等の設計・試作を完了**

[2023年度]

研究開発成果:A アプリケーションインタフェース(NBI)

- **外部制御管理インタフェース(図中②)**

NETCONFプロトコルの排他制御機能等を設計し、試作・評価することで標準準拠度を高めた

研究開発成果:B デバイスインタフェース(SBI)

- **光伝送チップ用API(図中③)**

SBI(SouthBound Interface) 拡張設計ならびに光デバイス向けのAPI(TAI: Transponder Abstraction Interface)への対応を行い、**光デバイスへの対応を実現し商用ホワイトボックススイッチ上での光伝送機能を達成**

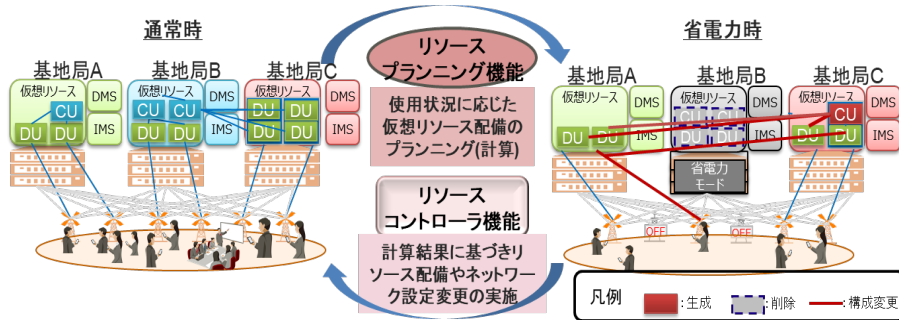
研究開発成果:C NW機能拡充・ミドルウェア共通機能

- **データセンタ用通信サービスアプリケーション実装開発:強化ルーティング機能(図中①)**

コミュニティ運営方法とリリーススケジュールを調査し、強化ルーティング機能について**コミュニティ提案LOSS化採択1件を実現**。強化ルーティング機能の宛先経路のグループ化について処理を効率化するための**実装の改善や印加経路数を増やしての評価を実施し、本試作の更なる有効性を確認**

d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

無線ネットワーク全体で消費電力最大30%削減を実現する
最適化配備プランニング



研究開発目標:A/C/D リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能についてユースケース、要件定義、アーキテクチャ策定し、実装および検証(シミュレーション含む)を実施

研究開発目標:B 開発・検証を行うため、無線基地局の環境を仮想化基盤とコンテナ基盤で構築

[2022年度]

研究開発成果:A リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能についてユースケース、要件定義、アーキテクチャを策定

- 電力最適化のための無線基地局仮想化基盤技術のユースケースおよび、リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能に関する要件定義、アーキテクチャを策定した。

研究開発成果:B 開発・検証を行うため、無線基地局の環境を仮想化基盤とコンテナ基盤で構築

- リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能の開発・検証を行うため、無線基地局の環境を仮想化基盤とコンテナ基盤で構築し、リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能で仮想化基地局装置の配備を検証するため、富士通社製仮想化基地局装置を配備できる環境を構築した。

[2023年度]

研究開発成果:C リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能についてアーキテクチャを基に実装および検証の実施

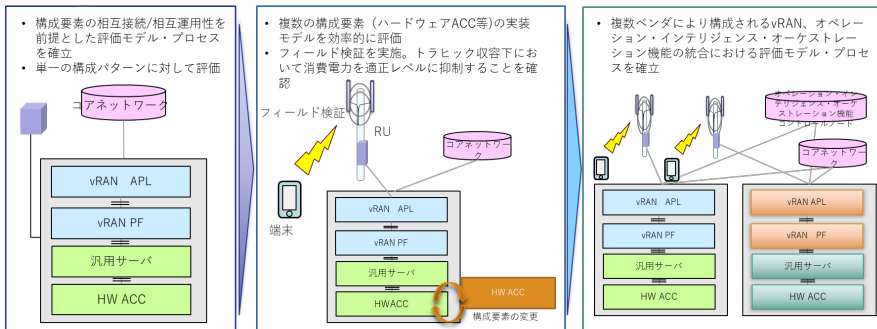
- 電力最適化のための無線基地局仮想化基盤技術のユースケースおよび、リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能に関する要件定義、アーキテクチャを基に、リソースプランニング機能とリソースコントローラ機能を実装したrAppを生成し検証した。

研究開発成果:D シミュレーション上での省電力効果検証を実施

- 大規模データ(ミラノデータとOpenCellデータ)を利用した千以上のRU停波計画とトラフィック需要予測の導出についてシミュレーション上で実施し、省電力効果(消費電力を市街地: 3231000W(約30.3%)、郊外: 618000W(約47.1%)削減)の検証確認が出来た。

e) 無線基地局検証評価技術

仮想化技術を適用した無線基地局(vRAN: Virtual Radio Access Network)について、基地局アプリケーション(APL: APpLication)、仮想化基盤(PF: PlatForm)、無線物理層の処理を担うハードウェアアクセラレータ(ACC)、汎用サーバ等の構成要素を相互接続・相互運用可能にするための技術検討及び検証を行う



[2022年度]

研究開発成果:A 仮想化基地局の評価モデル/プロセスの確立

- オペレーション・インテリジェンス・オーケストレーション機能統合を見据えた各コンポーネントの役割検討し、モバイル通信サービス機能評価及び仮想化基地局特有の各コンポーネント間の評価整理を行い、必要となる新規評価内容の策定を実施

研究開発成果:B 評価環境構築及び単一構成検証評価

- 単一構成パターンにおけるHW構成及びSWデプロイの実施内容をまとめ、実装置を用いた仮想化基地局の構築を完了
- 屋外実環境での運用に必要な各機能の確認内容を検討し機能確認項目一覧を策定した。構築した仮想化基地局を用いて各項目の屋内試験を実施し、各機能の正常性を確認

[2023年度]

研究開発成果:A フィールドおよび商用評価の完了

- 商用運用と同一構成にて屋外試験を実施し、実移動機端末での評価を完了。RUのマルチベンダ構成における仮想化基地局装置による屋外試験で正常性を確認した
- 実NW環境にてパラメータチューニング機能や故障・監視機能の正常性を確認し、商用でサービス可能な装置品質で評価完了した

研究開発成果:B 消費電力の評価モデルの確立と評価

- 仮想化基地局装置のHW構成(ACC/サーバ)に応じた消費電力影響を評価し、消費電力評価モデルを作成
- 確立した消費電力モデルを用いてvDUの省電力化機能のOFF/ONの比較評価を行い、当該機能による消費電力削減を確認した
- 仮想化基地局装置にトラフィックを疑似し、トラフィックに応じた消費電力の影響を確認

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
10 (6)	10 (8)	0 (0)	27 (21)	5 (5)	1 (1)	3 (3)	1 (1)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

<概要>

- 特許出願 : 国内/外国で**計画大幅過達となる20件を出願**。引き続き積極的な知的財産確保を進める。
- 研究発表 : 論文/発表で**計画大幅過達となる27件を発表**。引き続き対外的な研究成果アピールと、外部有識者コメント反映を図る。
- 標準化対応 : **当初計画を超える3件の提案及び、2件の採択**を実施。以降も研究と平行して対応を進める。
- 運営委員会 : 2022年度と2023年度に合計3回開催。**連携検証早期実施と、結果の標準化寄与を進めた事に関して高評価を頂いた。**

<詳細> ※一部のみ記載

・国内特許出願

- 冗長構成の設計を可能とするシステム自動設計装置、システム自動設計方法、およびプログラム (2022年度)
- オペレーションサポート装置、オペレーションサポートシステムおよびオペレーションサポート方法 (2022年度)
- システム自動設計装置、システム自動設計方法及びプログラム、判定装置、判定方法、及び判定プログラム (2023年度)
- システム自動設計装置、システム自動設計方法及びプログラム (2023年度)
- 制御装置及び基地局制御方法 (2023年度)、他

・外国特許出願

- IPv6トンネルカプセル化方法に関する発明 (2022年度)
- 通信サービスアプリケーション間の投入順序整合性確認方法に関する発明 (2022年度)
- 強化ルーティング機能、状態通知機能のハッシュ計算情報通知方法、ECMP経路切替、転送テーブルの実装に関する発明 (2023年度)、他

・研究発表

- 電子情報通信学会 ネットワーク仮想化特別研究専門委員会 第41回研究会で講演を実施 2022年9月1日～2日
- 電子情報通信学会 ICM研究会にて講演を実施 2022年11月24日、2023年3月17日、2023年11月21日
- 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会にて講演を実施 2023年1月26日～1月27日
- 電子情報通信学会総合大会にて講演を実施 2023年3月7日～3月8日
- 電子情報通信学会 PN研究会にて講演を実施 2023年8月29日
- 電子情報通信学会ソサイエティ大会にて講演を実施 2023年9月13日～9月14日、他

・標準化提案

- O-RAN ALLIANCEにて、動的サービスオーケストレーションのユースケースの提案を行い採択 (2023年度)

・展示会

- docomo Open House' 24にてパネル展示 2024年1月17日～1月18日
- 展示タイトル: 最適なネットワークを迅速に提供する詳細設計が不要な自立運用管理システム

・運営委員会

- 産学官連携のための研究開発運営会の会合を開催 (2022年度:実績1回、2023年度:実績2回)
- ネットワーク技術分野やソフトウェア工学等当該分野の大学教授や有識者を招聘し、研究開発全体の方針について幅広い観点からの助言や、関連する開発項目や要素技術等の連携と調整や成果の取りまとめ方等、実際の研究開発の進め方について議論を実施。
- 「研究をアピールする為の数値上積み、各目標の具現化、対向検証の具体化/連携強化」といった貴重なコメントを受領。
- →コメントも踏まえ、特許や研究発表、標準化等に対しても積極的に対応。上述した結果となる。

5. 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

a) ドメイン連携NWリソースオーケストレーション基盤技術

- 本研究の成果であるIntent自動設計／自律運用、大規模超分散対応を活用・発展させ、Intent解釈可能な高度な知性を備えた自律機能・自動化の高度化を実現する。OSSの市場は、自動化／自律化に関する通信キャリアの関心は高いものの、実際の自動化はノードに近いレイヤに留まっている。課題先進国である日本での社会実装を進め、グローバルへ展開する。オペレーション自動化市場は、装置に近い領域から自動化が開始されているため、現在は通信装置専門ベンダがプレイヤーの中心となっているが、サービス領域に向けて展開していく。通信装置とOSS/BSSの両者のベンダであり、リソースレベルからサービスレベルまでの広い視点を備えた強みを活かし、自動設計の前提となるノードのモデル化・リソースレベルのワークフロー開発から、サービスレベルのワークフロー開発／自律化を効果的に推進していく。標準化においては、TM Forum Open API/Autonomous Networks ProjectやO-RAN Allianceを主な標準化活動先とし、インタフェースやデータモデルの国際標準化に向けた活動を行う。また、通信事業者等と連携し、PoC/プレスリリースを通して对外発表を行う。

b) 超高性能・超高効率・超高信頼を指向した通信サービス制御技術

- 研究成果の実用化に向けては、SDGsにおける主な課題である労働力不足の解消に向け様々なサービスを今後提供する上でネットワークの部品化、効率化、柔軟化していくことが社会貢献の一因であり、その上で、アウトカム達成に向けて、本研究開発で実施するソフトウェア部品、ハードウェア部品を活用した通信ノードもしくは仮想化技術製品として既存ネットワークへ製品展開することで、運用効率化等の付加価値を提供していく。また、マルチアクセス実現に向けた足掛かりとなる、WWCアーキテクチャにおいては、本研究開発で機能部品化の検証・アーキテクチャ検証を実施すると共に、モバイル・固定融合の需要がある国内外市場での顧客獲得を目指していく。
- 標準化においては国際標準化団体3GPP及びBBFを主な標準化活動先とし、WWCを始めとするモバイル・固定融合への取り組みを足掛かりにして、Beyond 5G実現に向けた国際標準化を狙っていく。

c) 複数の機能群を柔軟に利用可能な通信機能向けミドルウェア技術

- 本研究開発の成果はAPNを用いたサービス(APN付きデータセンタやAPN活用O-RANソリューション)における転送・伝送ノード上のソフトウェア技術として活用していくことを想定している。
- 本課題により確立したミドルウェア(ソフトウェア)は、標準化提案先のSONiCコミュニティにおいて提案活動を行い、賛同者を得ているため本技術を採用したシステムの製品化によりネットワークオペレーションシステム製品の展開が期待される。

d) 無線基地局機能仮想化基盤技術

- 今後ソフトウェア基地局の機能向上とオープン化が進み、仮想化ネットワークの強みである運用の柔軟性を活かした自動化や省電力化のニーズが高まると予想される。数理計画法および次世代最適化計算を活用した本研究開発成果をニーズの一つととらえ国内・グローバルへの展開を進めていく。
- 本研究開発成果である最適配備プランニング・コントローラ技術をO-RAN ALLIANCEの標準化にフィードバックするために、2023年度にSMOからの動的なサービスオーケストレーションによる、省電力観点で最適配備するユースケースを提案し、採択済みである。今後は、このユースケースに基づき、インターフェースや、トポロジ情報モデルの具体化を行い、標準仕様に継続的にフィードバックするように進めていく。

e) 無線基地局検証評価技術

- 今までフロントホールやXn等の装置間インタフェースのオープン化を実現してきたが、本研究にて得られたSMOやRICといったコンポーネント及びそれに紐づくインタフェースに関してもO-RAN ALLIANCE等の標準化にフィードバックし、オープン化活動を行う。
- 本研究により複数の構成要素を相互接続・相互運用可能とした仮想化基地局の効率的な評価が可能になった。本研究開発成果を元に国内向けには仮想化基地局の商用展開、海外向けにはOREX事業を通じて展開を加速して実施していく。他研究開発項目との連携により得られた低消費電力技術やRANシェアリング技術等についてもユースケースを含めた技術提案を検討し、エコシステム上で運用可能なように必要に応じた標準化提案、反映を行うように進めていく。