

2030年に向けて：
情報通信ソフトウェア化による構造改革

2019/6/19

東京大学大学院情報学環
中尾彰宏

今後のICT産業社会の**構造変革**

① 我が国の社会構造の変化

- 人口減少、過疎化の進展により、条件不利地域におけるサービス提供がますます困難になると想定されることから、効率的なサービス提供を通じた現行サービスの維持が課題
- 高度 ICT サービスが国民生活に不可欠な基盤となり、利用できないことが社会的排除につながらないようにするとともに、提供条件の適正化等を通じて利用者利益を確保することが重要

② ネットワーク構造の変化

- ネットワーク仮想化の進展による**設備と機能の分離**等を通じ、
電気通信事業者以外の役割が拡大する等、
基幹的なサービスの提供に関わる主体が多様化することが想定
- 5G の本格導入を見据えると、固定通信と移動通信の融合等、既存の市場区分を越えた事業者間連携等が進展すると考えられる
- 不可欠なサービスにおける提供の公平性・適正性等を確保するため、技術革新に柔軟に対応可能なルールの在り方が求められている

今後の情報通信産業で注目すべき方向性

ソフトウェア化

情報通信インフラの柔軟化・アジャイル化
CAPEXの削減



アンライセンス通信・自営網通信技術

情報通信の民主化 (Democratization)



地域まるごとテストベッド (商用インフラ+地域連携)

成功モデルユースケースの横展開による国全体の社会・技術レベル向上

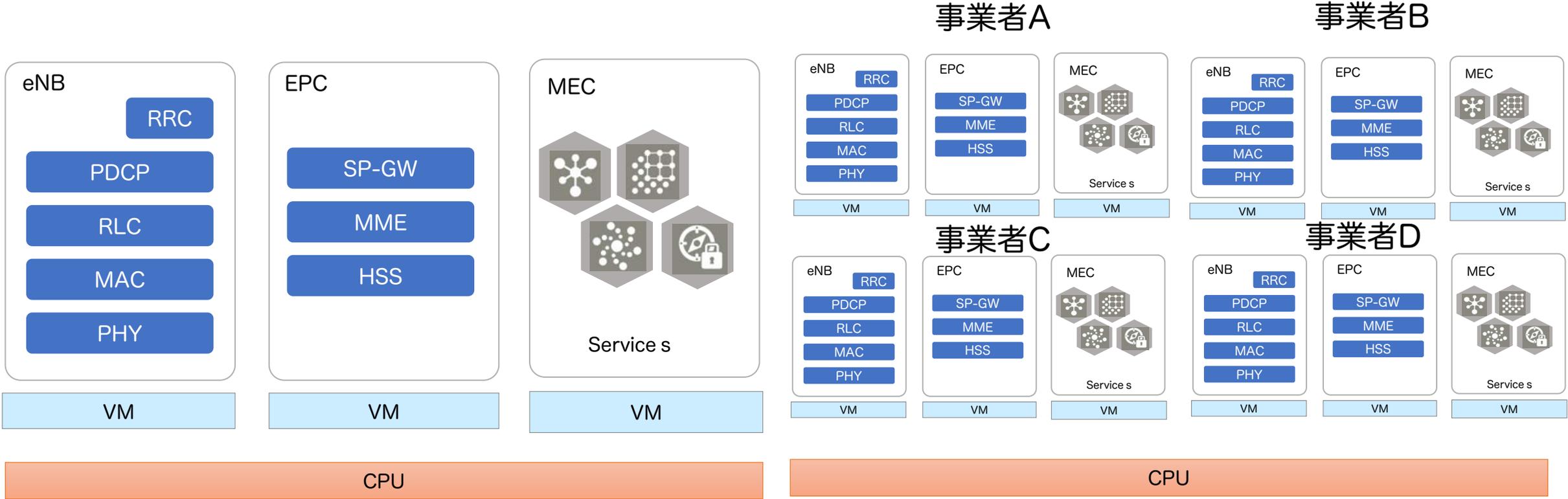


AI・機械学習を活用したネットワーク自動制御

自動化によるOPEX削減・超知的な運用制御

ソフトウェア化された移動通信インフラの便益

エッジコンピューティングとの融合やインフラシェアリング



モバイルネットワーク機能と
エッジコンピューティングによるデータ処理機能が同一汎用サーバー上で融合するアーキテクチャ

人口過疎地(Rural Area)におけるインフラシェアリング
Private LTE / 自営BWA / Local 5Gでの利用
非通信事業者のためのAI・機械学習による運用自動化技術



Akraino Edge Stack Issues Premier Release, Sets Framework to Enable 5G, IoT Edge Application Ecosystem

By Jill Lovato | June 6, 2019 | Announcement, Uncategorized

• [Read the Press Release](#)

Architecture + Blueprints

Akraino is currently comprised of 11+ blueprint families that includes 19+ specific blueprints under development to support a variety of edge use cases. The community tests and validates the blueprints on real hardware labs supported by users and community members.

常識外だらけ、“ゲームチェンジ”仕掛ける楽天の勝算 2019年4月18日



楽天はそもそもIT（情報技術）をなりわいとしてきた企業です。つまり米国のGoogleやフェイスブック、アマゾン・ドット・コムのようにITに関する幅広いスキルや経営資源を、そしてまた、クラウドコンピューティングに関するノウハウを持っているわけです。そうした企業で作る通信インフラとはどういうものか。特徴の1つは（通信機器の持つ機能をソフトウェアによって一般的なサーバー上で実現する）「仮想化」と呼ばれる技術をネットワークの隅々にまで取り入れることです。各種の通信機器をハードウェアとソフトウェアに分離させ、楽天のクラウドコンピューティング基盤の上で運営することになります。この戦略で重要なのは、その仮想化技術を基地局にまで適用する点。こうした取り組みを商用の通信インフラにおいて実施する通信会社は、世界広しと言えど楽天しかありません。

楽天モバイルのタレック・アミンCTO（最高技術責任者）

<https://business.nikkei.com/atcl/gen/19/00031/041600004/>

今後の情報通信産業で注目すべき方向性

ソフトウェア化

情報通信インフラの柔軟化・アジャイル化
CAPEXの削減



アンライセンス通信・自営網通信技術

情報通信の民主化 (Democratization)



地域まるごとテストベッド (商用インフラ+地域連携)

成功モデルユースケースの横展開による国全体の社会・技術レベル向上



AI・機械学習を活用したネットワーク自動制御

自動化によるOPEX削減・超知的な運用制御



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

Press
Release!



Internet Initiative Japan

2019年6月5日

国立大学法人東京大学

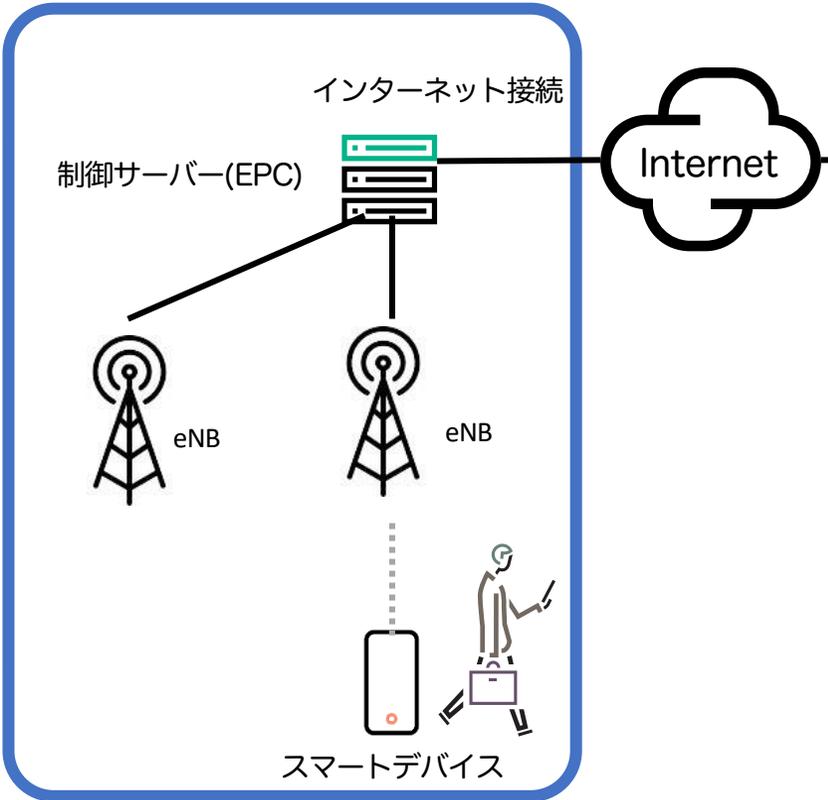
株式会社インターネットイニシアティブ

国内初！東京大学とIIJ、パブリックLTEとプライベートLTEの
統合連携に関する実証実験を開始

国立大学法人東京大学大学院情報学環中尾研究室(東京大学総長:五神 真)と、株式会社インターネットイニシアティブ(代表取締役社長:勝 栄二郎、以下 IIJ)は、IIJ がフル MVNO として提供する公衆無線通信ネットワーク「パブリック LTE」と、通信事業者以外の企業等が自営する無線通信ネットワーク「プライベート LTE(sXGP(※1))」の統合連携に関する実証実験を、本日から 2020 年 3 月末まで実施いたします。

アンライセンスLTE (sXGP/Multefireなど)の利用が拡大

パブリック（公衆網）LTE



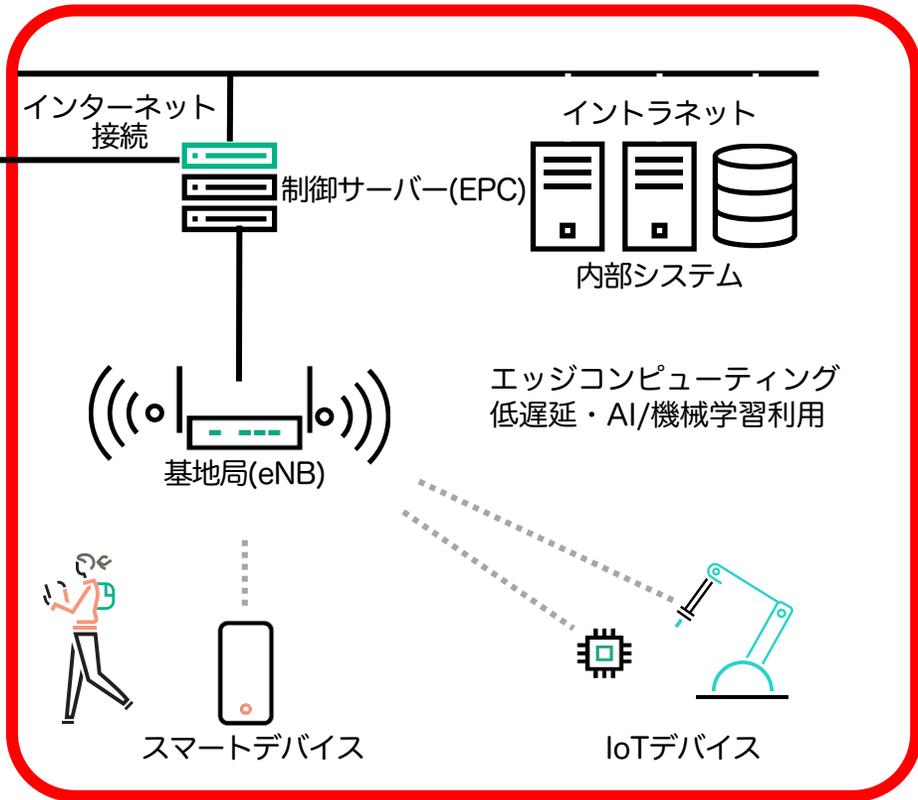
長所

- 広範囲利用可能
- 高信頼

短所

- 高コスト

アンライセンス・プライベート LTE



長所

- 低コスト
- 高信頼
- 超低遅延

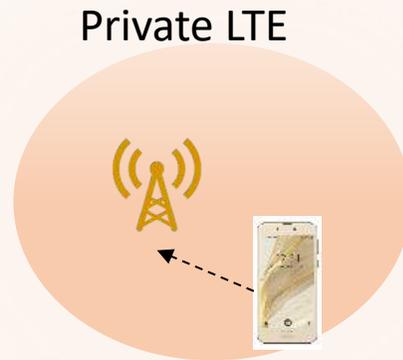
短所

- 地域限定的

- 一般にはWiFiに替わる高度なセキュリティの自営網技術として高い関心を集める
(LPWAと共に) IoT自営網での利用に期待が集まる
- エッジコンピューティングを利用した超高信頼・超低遅延通信
- 5G NRでの利用やLocal 5Gの議論が活発化
- **パブリック・プライベートLTE連携乗り入れが可能になれば、利便性向上と利用者コストの削減が見込める**

Private LTE/ Public LTE統合の利便性

従来技術



長所

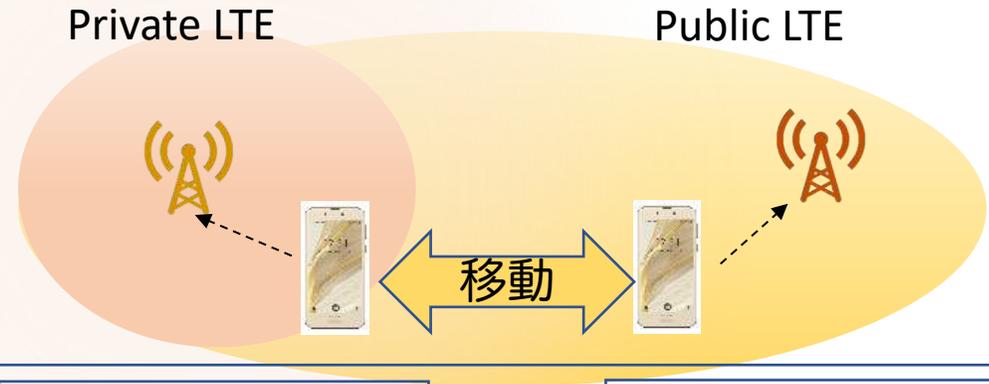
低コスト
高信頼
超低遅延

短所

地域限定的

Private圏外では使えない！

今回の新規技術



長所

低コスト
高信頼
超低遅延

長所

広範囲利用可能
高信頼

短所

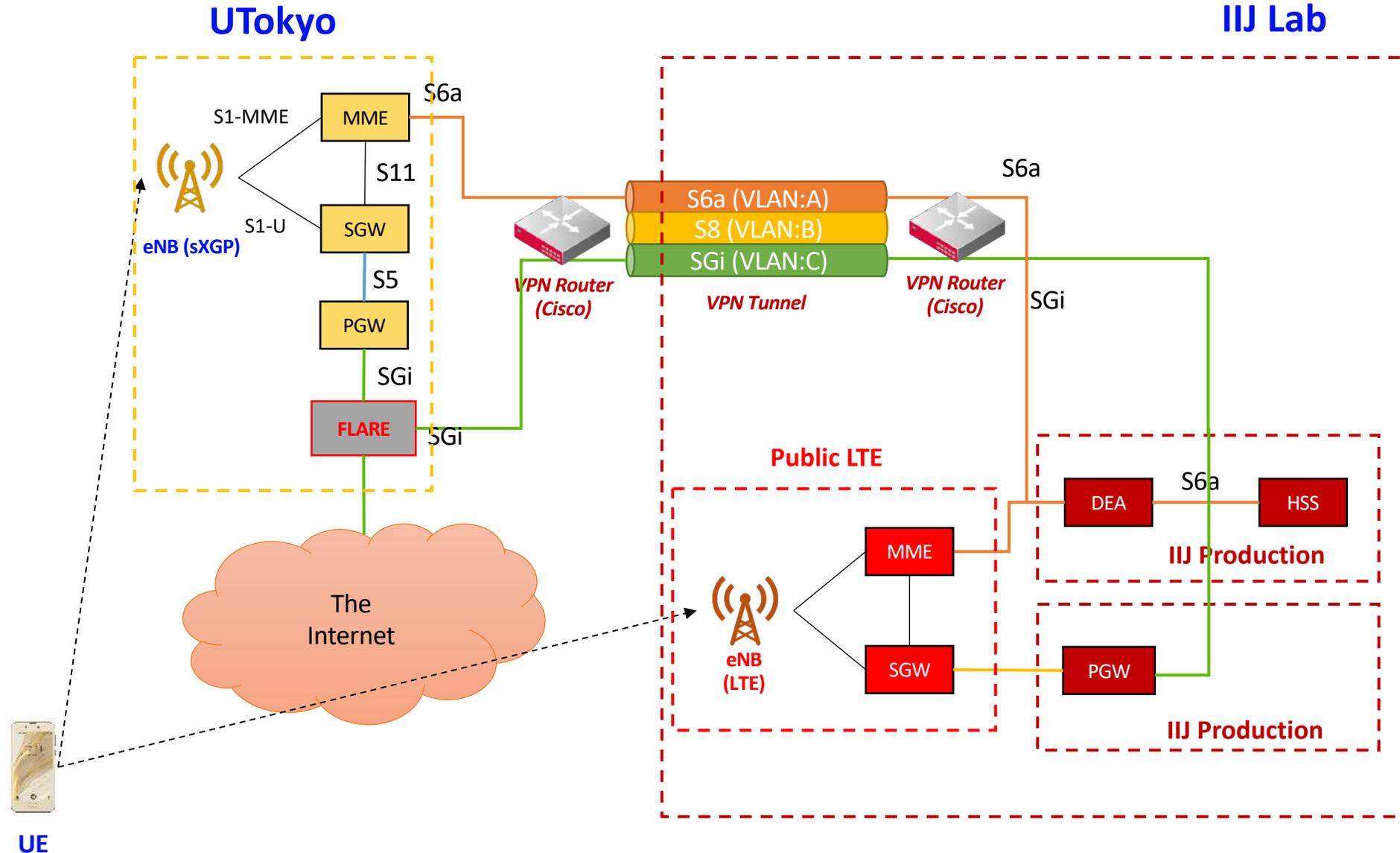
地域限定的

短所

高コスト

Private 圏外ではPublicに接続
PublicとPrivate を適材適所・コスト効率良く利用可能

プライベートLTE・パブリックLTE乗り入れの実証実験の概要



- UEは東大キャンパス内のPrivate LTE回線に優先的に接続する（ゼロコスト・超低遅延・高信頼）
- Private LTEの圏外では、Public LTE回線に接続する（広範囲）

東京大学中尾研究室の自営網研究開発の方向性

- IJとの共同研究によるPrivate/Public統合LTEの実証実験による実用化の検討
- 5G / Local 5G におけるPrivate /Public 統合方式の実現
- Private LTEのソフトウェア基地局による柔軟な機能の導入に関する研究
 1. エッジコンピューティングの融合による「超低遅延通信」のユースケース
 2. データ解析機能を導入し、AI/機械学習を利活用する「考えるネットワーク」の実現

エッジコンピューティング・超低遅延通信



基地局 (eNB) 制御サーバ (EPC) エッジ処理機能

プライベート網の近傍に自由に低コストのエッジ処理機能を配置し超低遅延通信を実現
 新ユースケース探求 (制御・高精度測位など)

「考えるネットワーク」



基地局 (eNB) 制御サーバ (EPC) AI/機械学習

ソフトウェア実装のプライベート網に複雑なAI機能が統合可能
 パブリック網で実現困難な、高度なネットワーク運用が可能
 (セキュリティ高度化・通信効率化・障害予測・スライシング)

今後の情報通信産業で注目すべき方向性

ソフトウェア化

情報通信インフラの柔軟化・アジャイル化
CAPEXの削減



アンライセンス通信・自営網通信技術

情報通信の民主化 (Democratization)



地域まるごとテストベッド (商用インフラ+地域連携)

成功モデルユースケースの横展開による国全体の社会・技術レベル向上



AI・機械学習を活用したネットワーク自動制御

自動化によるOPEX削減・超知的な運用制御

先端ワイヤレス研究プラットフォーム (PAWR) (Platforms for Advanced Wireless Research)

- 無線通信分野の、デバイス、ネットワーク、システム、サービス等を実証できるオープンソースやソフトウェア化を駆使したプラットフォームを構築し、研究開発を推進する産学官(自治体)連携プログラム。
- 大学と、自治体等の非営利組織がチームを組むことが応募の条件。開発実証のコミュニティ形成を促進する。
- アメリカ国立科学財団(National Science Foundation(NSF))及び25以上の企業が5,000万ドルずつもちより総額1億ドルを、7年間にわたり4つのチームに提供予定。

PAWRの仕組み



PPOホームページ (<https://www.advancedwireless.org/>) をもとに総務省が作成したものに加筆

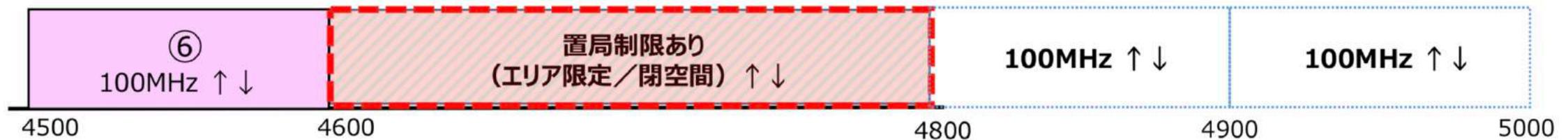
日本におけるローカル5Gの利用 (2020年を目標)

■ ローカル5Gの導入目的・役割

IoTの普及に代表されるように通信ニーズの多様化が進んでおり、5G時代においてはより一層の多様化が進むことが想定されるため、携帯電話事業者による全国サービス提供に加え、地域ニーズや産業分野の個別ニーズに応じて、様々な主体が柔軟に構築／利用可能な第5世代移動通信システム（ローカル5G）を導入し、5Gの地域での利用促進を図る。

■ ローカル5Gのコンセプト

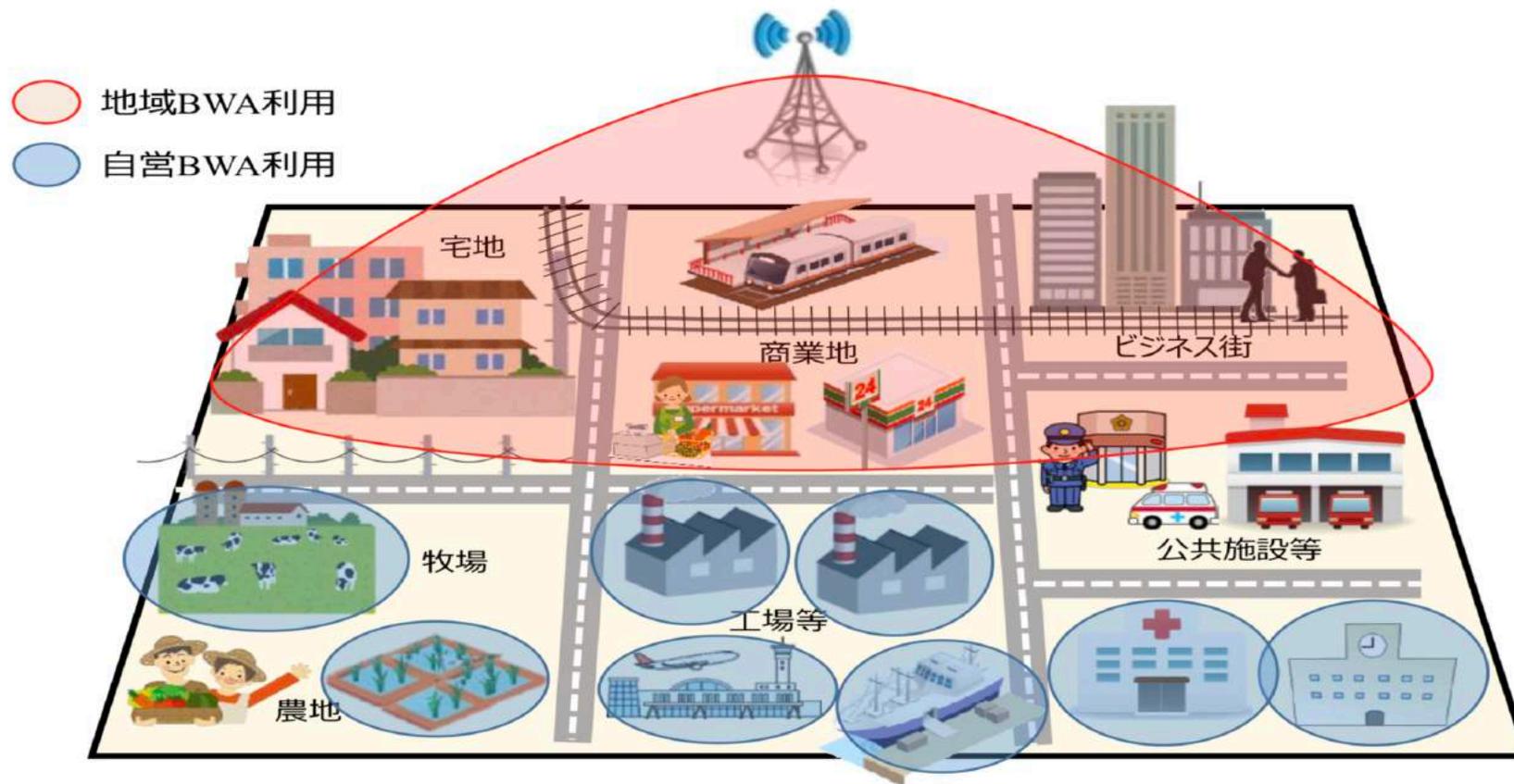
- 第5世代移動通信システム（5G）を利用
- 地域において、ローカルニーズに基づく比較的小規模な通信環境を構築
- 無線局免許を自ら取得することも、免許取得した他者のシステムを利用することも可能  : ローカル5G用の候補帯域



【28GHz帯等】



地域BWAと自営BWA



地域BWAは、電気通信事業であり、市街地（住宅街や駅・商業地等）を中心にエリア展開

工業地帯や農業地帯等の地域BWAが利用されていないエリア／近い将来利用される可能性が低いエリア
においては、「自己の建物内」又は「自己の土地の敷地内」で自営BWAの利用が可能

東京大学全体で地域連携活動に注力

社会連携・地域貢献活動

UTokyo
FSI

The University of Tokyo
Future Society Initiative



地域の振興・活性化

地域医療、
地域住民の安全確保等に
関する協力

地域特有の課題の解決

協定・覚書・申合せ等



広島県と東京大学大学院情報学環 情報学と情報通信技術に係る技術交流 及び学術交流のための連携・協力

広島県

- 「イノベーション立県」を目指す広島県では、東京大学大学院が保有する 最先端の情報通信技術等を活用することにより 広島県における産業振興 や地域課題の解決につなげるため、東京大学大学院と広島県との間で、IoT技術をはじめとする 情報通信技術に係る技術交流及び学術交流の促進に向けた 連携・協力に係る協定書を締結する。

東京大学大学院情報学環

- この協定締結により、本県を情報通信技術の実証実験のフィールドとし、こうした 技術を活用した産業振興や地域課題の解決に資する東京大学の研究が 加速することが期待される。



スマート漁業IoT 牡蠣養殖にAI/IoT活用

広島県・江田島市

内能美漁業協同組合・平田水産

広島の水産業を活性化させるための活動・実験
メイン実験フィールドとして協力・支援

東京大学

情報通信技術

センサーノード開発

IoT無線方式LoRa・sXGP



ルーチェサーチ株式会社

- ドローン設計開発
- 上空からのデータ収集・分析

iOstrea

シャープ株式会社

スマートホン

無線技術開発

ものづくり

SHARP



中国電力株式会社

株式会社セシルリサーチ

- かき幼生検出技術

株式会社NTTドコモ

情報通信技術

海洋定点観測専用水上ブイ技術



(協力支援パートナー)
広島県総合技術研究所



今後の情報通信産業で注目すべき方向性

ソフトウェア化

情報通信インフラの柔軟化・アジャイル化
CAPEXの削減



アンライセンス通信・自営網通信技術

情報通信の民主化 (Democratization)



地域まるごとテストベッド (商用インフラ+地域連携)

成功モデルユースケースの横展開による国全体の社会・技術レベル向上



AI・機械学習を活用したネットワーク自動制御

自動化によるOPEX削減・超知的な運用制御

AI Critical to 5G Infrastructure



AT&T's VP : Mazin Gilbert
As of 9/7/2018

AT&T has 75,000 macrocells and several thousand microcells, but 5G will push the envelope to having 100,000-plus microcells

AT&Tは 7.5万ののマクロセル、数千のマクロセルを保有
5Gには10万セル以上のマクロセルの配置を予定している

That cannot scale.

The question is how do you make this mainstream, reduce the time cycle, and take into account traffic changes?

これはスケールしない。
問題は どうやって時間短縮しトラフィックの変動に対処しながら
このメインストリームを作るか？

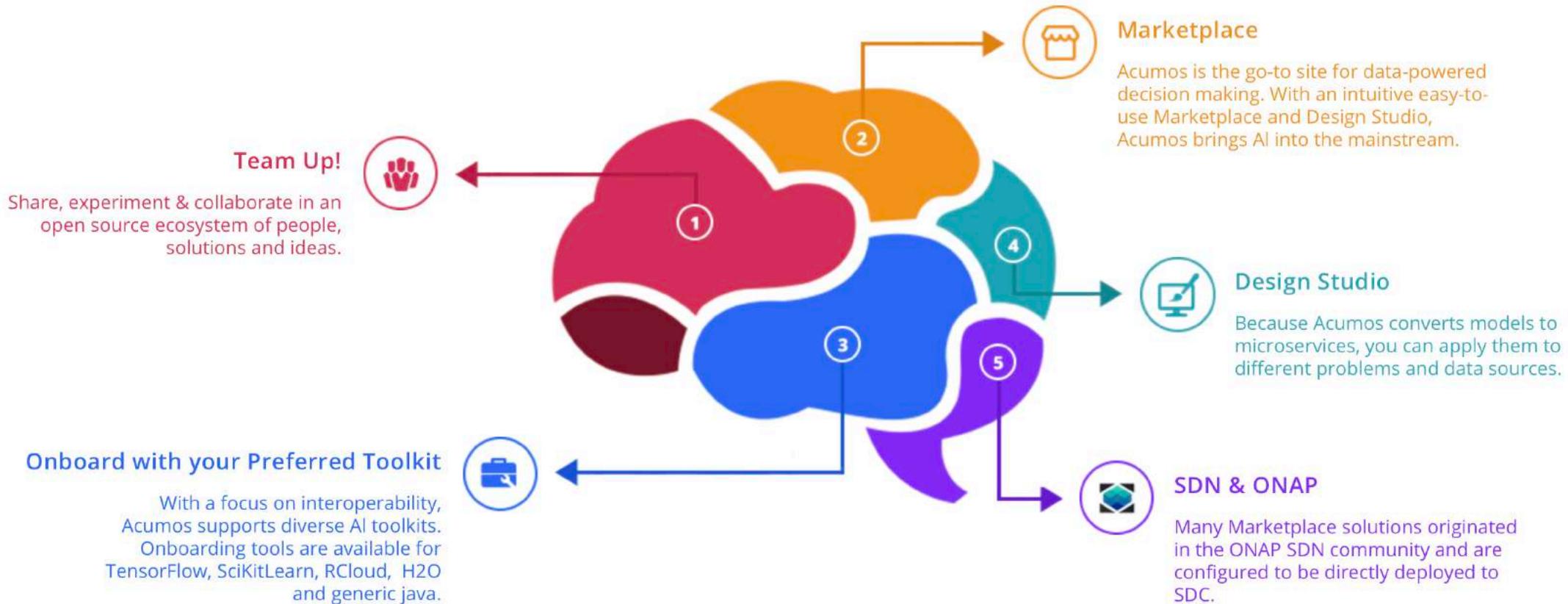
The answer is using machine learning and AI to "redo completely the network planning process."

答えはMLとAIで“ネットワーク設計プロセスを一からやり直すこと”



Making AI Accessible To Everyone

Discover Acumos



ETSI-OSA WORKSHOP Dec. 12, 2018, Sophia Antipolis, France

ETSIにて5Gソフトウェア化に関する標準化とオープンソースの相互補完的な役割を議論する会合が開催された

特にOAIという基地局のソフトウェア化のオープンソースプロジェクトのワークショップを
欧州の標準化組織であるETSIの本拠地で開催することで双方の立場から多くの出席者があり有益な議論が展開

中国、英国、日本の代表から以下の3件の基調講演があり、
そのうちの1件を東大・中尾が担当。

非常に多くの質問があり、オープンソースへの期待と、その結果としての標準化へのインプットの道筋を確認

- [O-RAN, the ICDT Convergence Empowered by Open Source](#)
Chih-Lin I, China Mobile
- [The Making of 5G](#)
Mischa Dohler, Kings College London
- [Network Softwarization Stays to Become A Reality](#)
Akihiro Nakao, University of Tokyo

各国のソフトウェア化、特に中国からはORANに関してAI機能のインテグレーションが議論され、
英国では、実際にソフトウェア化されたインフラの大学内での運用が紹介され、
我が国のR&Dには非常に参考となる事例である。

2018/2/27 17:45

AT&T、China Mobile、Deutsche Telekom、株式会社NTTドコモ、Orangeは、ORAN Alliance（※1）（以下、本アライアンス）の設立に2018年2月27日（火曜）に合意しました。

今後、モバイル通信のトラフィック増加に伴い、モバイルネットワークやネットワーク装置の効率的な運用が必要になります。そこで、本アライアンスは、第5世代移动通信方式（5G）をはじめとする次世代の無線アクセスネットワークをより拡張性が高く、よりオープンでインテリジェントに構築することを目的に、以下の取り組みを推進して行きます。

- ・ 相互接続が可能なオープンなインタフェースの推進、無線ネットワーク装置の仮想化、ビッグデータの活用

- ・ 汎用サーバの利用の推進と専用ハードウェア部分の最小化

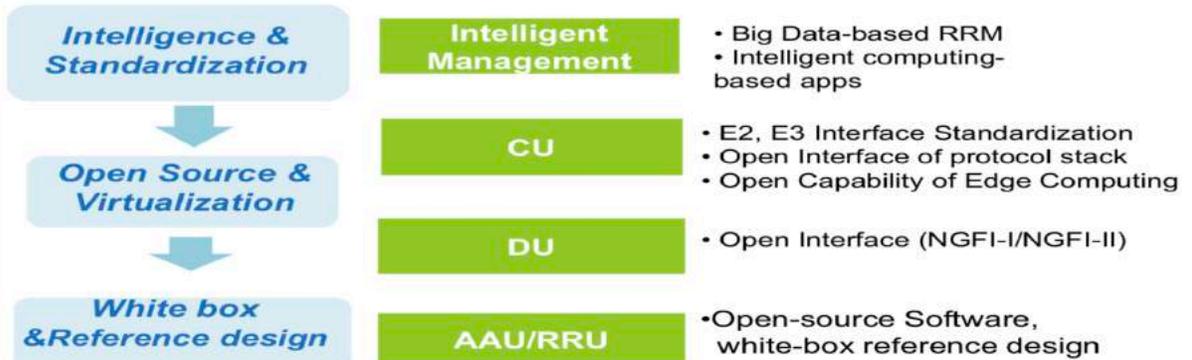
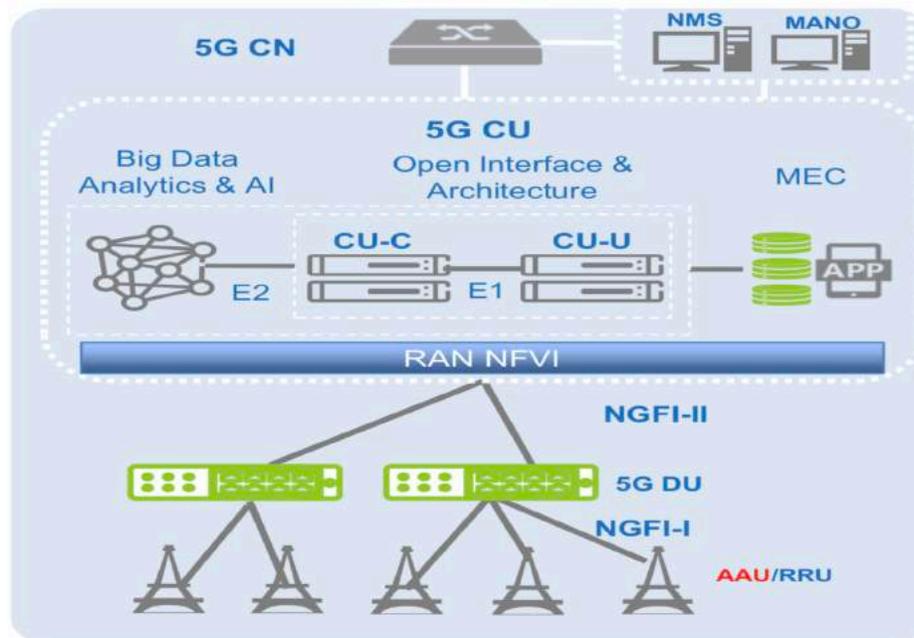
- ・ APIの規定、オープンソースの利用の推進

ORAN: Open Radio Access Network Alliance

O-RAN : Open Radio Access Network

- O-RANは、2018年2月に、AT&T、China Mobile、Deutsch Telecom、Orange、NTT Docomoにより設立されたアライアンスで、RANアーキテクチャにおいて、RANの各レイヤーに深層学習によりインテリジェンスを埋め込むことを目指している。
- RANの構成部品レベルからネットワークレベルまで埋め込まれたインテリジェンスによって、動的な無線リソース割当てやネットワーク全体の効率化が可能になることが期待される。
- AI最適化クローズ・ループによる自動化は可能でありネットワーク運用に革新をもたらすことが期待される。
- 特に5Gモバイルではネットワークが複雑化し、従来の人手によるネットワークのデプロイ、最適化、運用が難しくなってくるため自動化が必須になっている。

Vision of O-RAN



O-RAN Architecture and White Paper

WG1: Use cases & Overall architecture TSC Co-Chair

O-RAN Whitepaper

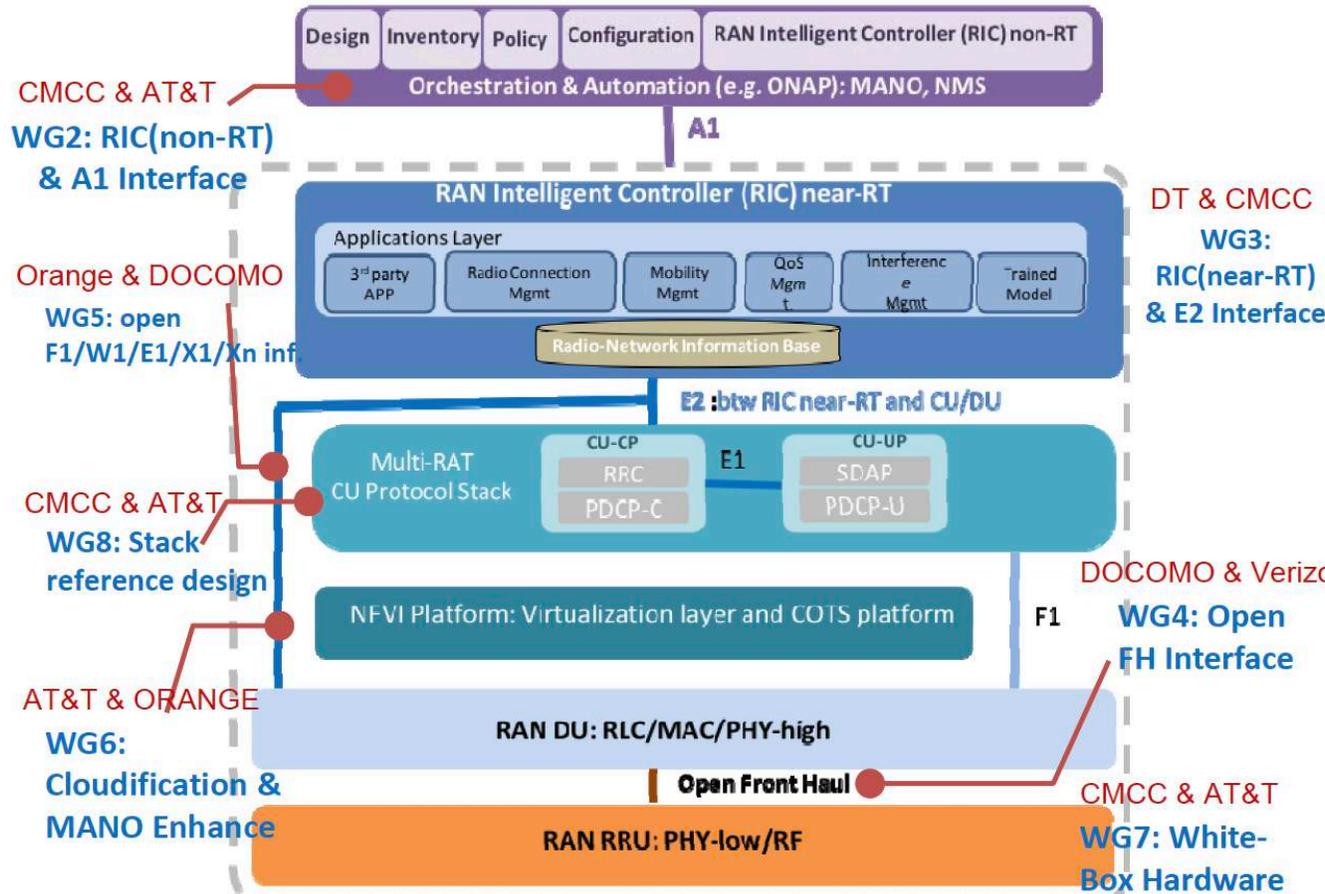


Table of Contents

Executive Summary 3

Why O-RAN Alliance? – Trends driving the need for an operator driven industry alliance 5

The O-RAN Alliance Vision 6

Introducing the O-RAN Architecture 9

Key work areas of the O-RAN Alliance 11

The Non-real-time RAN Intelligent Controller and A1 Interface Workgroup 11

The Near-real-time RIC and E2 interface Workgroup 11

The Open Fronthaul Interfaces Workgroup 12

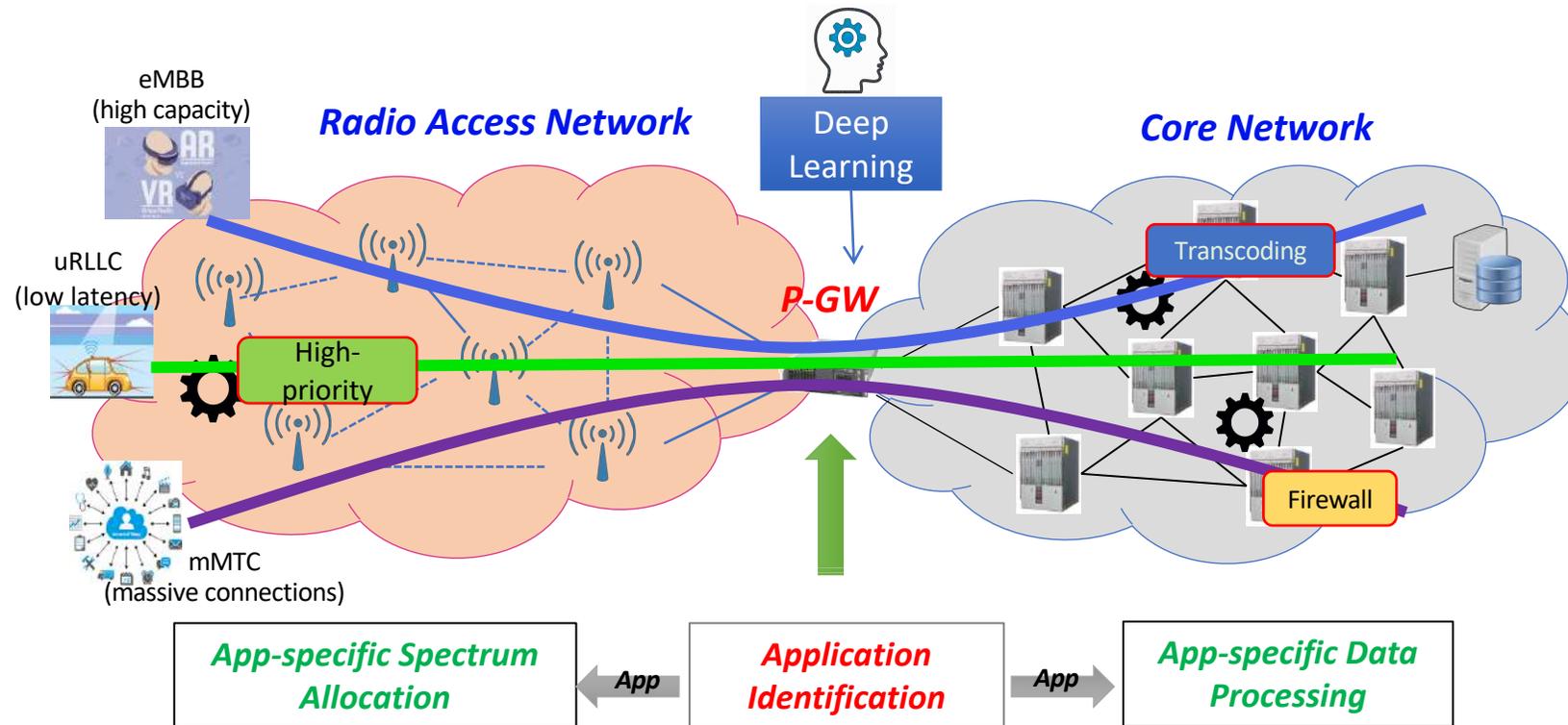
The Stack Reference Design and Open F1/W1/E1/X2/Xn interface Workgroup 13

The Cloudification and Orchestration Workgroup 14

The White-box Hardware Workgroup 15

本アーキテクチャーは、各レイヤー間を繋ぐベンダーのサプライチェーンを構築することが目的

- インタフェースをオープン化し、相互接続のため3GPP等で標準化する戦略
- オープン化のためにオープンソースを駆使する戦略



- P-GW is the best point to perform application identification since all traffic needs to go through it.
- P-GW can convey its identified app-info to both RAN and CN.

Press
Release!

2019年6月12日

東京大学大学院情報学環
株式会社オプテージ
シャープ株式会社

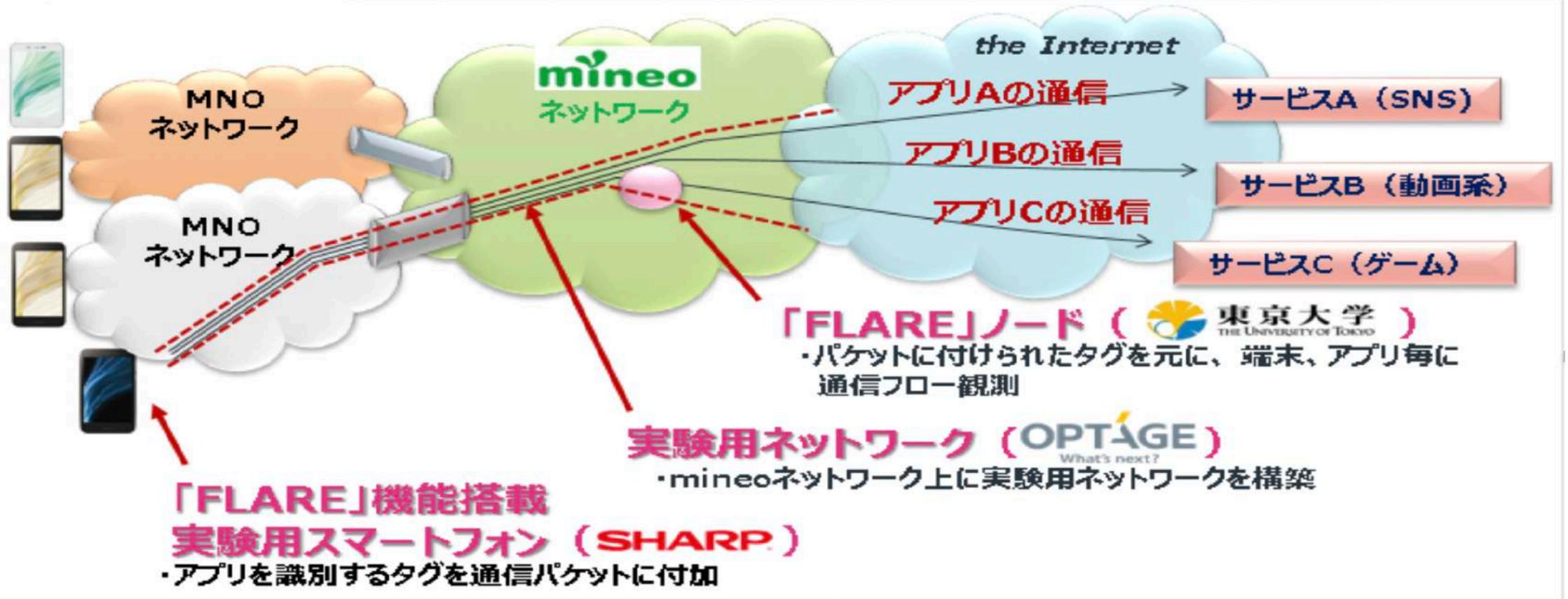
**東京大学・オプテージ・シャープの3者で、次世代移動体サービスに関する
通信ネットワークのセキュリティ高度化等に向けた実証実験を開始
～ AIによる「考えるネットワーク」の実現を目指します！ ～**

国立大学法人東京大学大学院情報学環中尾研究室（以下東京大学大学院情報学環、教授：中尾 彰宏／東京都文京区）、株式会社オプテージ（以下オプテージ、代表取締役社長：荒木 誠／本社：大阪府堺市堺区）、およびシャープ株式会社（以下シャープ、代表取締役会長兼社長：戴正呉／本社：大阪府堺市堺区）は、次世代移動体サービスに関する通信ネットワークのセキュリティ高度化等に向けた実証実験を2019年8月（予定）より開始いたします。

本実証実験は、東京大学大学院情報学環にて開発した、SDN^{*1}とNFV^{*2}に対応したプログラマブル・ネットワーク・ノード^{*3}「FLARE」^{*4}をオプテージが提供する携帯電話サービス「mineo」のネットワーク上に構築し、「FLARE」への接続モジュールを実装したシャープのスマートフォンを用いて行います。端末から送られる通信パケットに実験用のタグを付与し、タグ情報を元とした端末やアプリケーション毎のトラフィック、通信パターンなどをAIが学習することで、トラフィックの内容識別、分類を行います。第5世代移動通信（以下5G）を見据え、高度なセキュリティサービスの実現やユーザー体験の向上など、付加価値の高い移動体通信サービスに必要な技術の実現性を検証します。

東京大学・オプテージ・シャープの3者で、次世代移動体サービスに関する通信ネットワークのセキュリティ高度化等に向けた実証実験を開始 ～ AIによる「考えるネットワーク」の実現を目指します！ ～

実証実験のイメージ



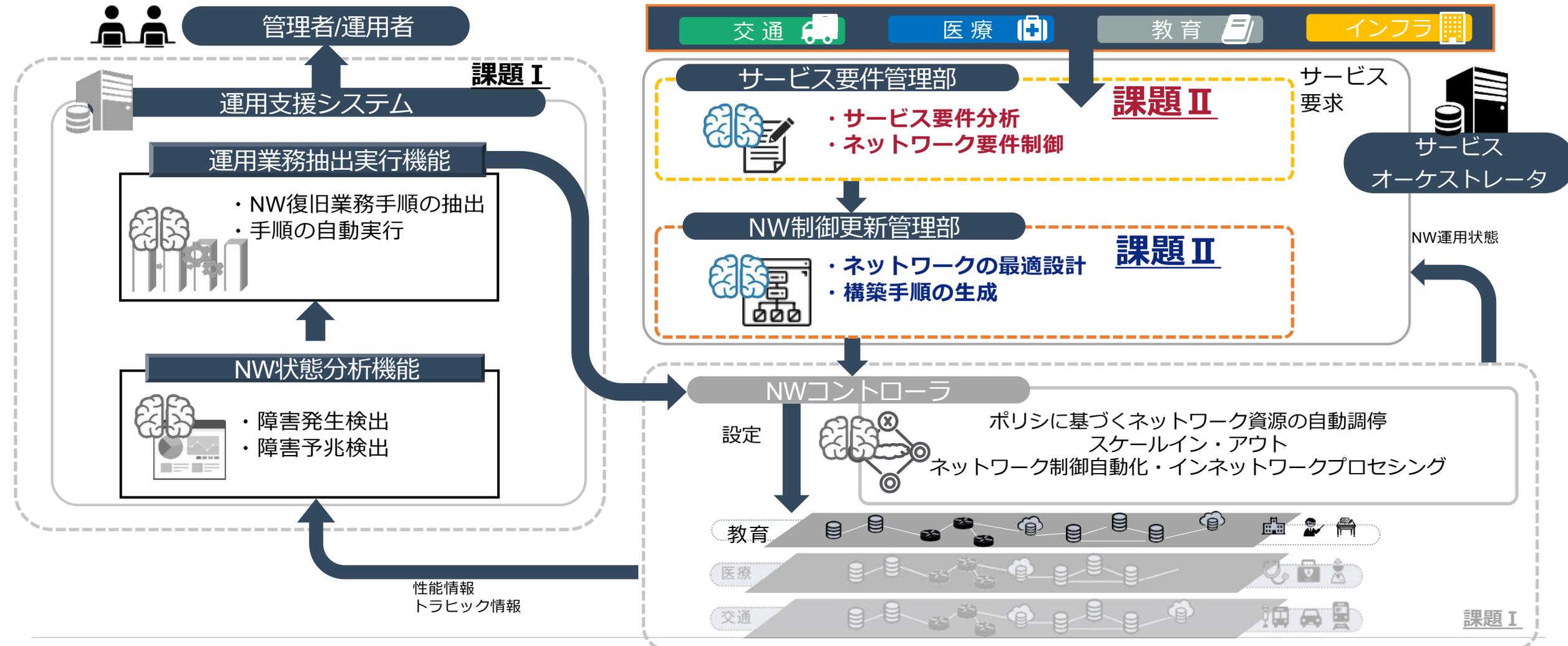
観測データ

特徴抽出 機械学習

トラフィックの
内容識別、分類の実現

A I 技術を活用したネットワーク自動生成技術を確立すべく、AI技術を用いた「サービス要件分析」「ネットワークの最適設計」技術の確立に取り組む

研究開発期間2018-2020



ソフトウェア化がもたらす運用自動化への構造改革

- ソフトウェア化の柔軟性は、運用管理のための**複雑な自動制御機能**をネットワーク機器内に実装可能とする
- グローバルオペレータがソフトウェア化をCAPEXの削減と考える時代は終わり、**OPEX削減のため、自動化のための複雑な機能を実装する戦略**
- ベンダー機器の**サプライチェーンの構築のため、「オープン」なインターフェースを標準化する必要**があり、そのため、**オープンソースを道具にしてその道筋を立てる戦略**
- AIの利活用とオープンソースの活用の意味をしっかりと捉え、情報を収集すると共に**生き残るための正しい戦略を選択する必要がある**

今後の情報通信産業で注目すべき方向性

ソフトウェア化

情報通信インフラの柔軟化・アジャイル化
CAPEXの削減



アンライセンス通信・自営網通信技術

情報通信の民主化 (Democratization)



地域まるごとテストベッド (商用インフラ+地域連携)

成功モデルユースケースの横展開による国全体の社会・技術レベル向上



AI・機械学習を活用したネットワーク自動制御

自動化によるOPEX削減・超知的な運用制御

情報通信ソフトウェア化による構造改革

- 2030年に向けて、5Gのその先に向けて多様な情報通信技術が進化する
- 通信インフラの進化やユーザー利活用の変革により新たな課題に迅速に対応する
アジャイルかつ低コストの「柔軟な情報通信基盤」が更に発展すると思われる
- 「ソフトウェア化」は「インフラ柔軟化・低コスト化のツールの1つ」であると同時に、
情報通信技術業界の構造改革のDriving Forceである。
- ハードのカスタマイズの容易化も「(ハードの)ソフトウェア化」の一種
- 「設備」と「機能」の分離による 非通信事業者 (IT企業 / OTT / Statups) の参入
- ソフトウェア化の進展との相乗効果で注目すべき方向性は3つ
 - 通信の民主化(Democratization) 自営網(sXGP, Local 5G, 自営BWA) による他社参入
 - 地域での利活用 成功モデルケースの横展開による国全体の技術利活用の進展
 - AI・機械学習による自動化 運用管理自動化のための複雑なネットワーク機能を実装