



ITU FG-ML5G Meeting

—Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G—



国立大学法人東京大学
大学院情報学環
特任研究員

きりは よしあき
桐葉 佳明



一般社団法人情報通信技術委員会
担当部長 (標準化)

おかもと やすふみ
岡本 康史

1. はじめに (開催概要)

- ・ 開催日程：2018年8月7～10日
- ・ 開催場所：サンノゼ (北米) San Jose Marriot
- ・ 主催団体：ITU-T
- ・ 概要：

Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G (FGML5G) の第3回会合が、Intelのホストで、サンノゼ (北米) で、ワークショップ (WS) と3日間のFG会合の計4日間のスケジュールで開催された。

参加者：WS：約80名、会合：約30名

WS講演：13件

寄書：31件

会合現地参加：23名 (ドイツ3、北米9、中国4、韓国、英国、日本、等)

会合遠隔参加：約8名 (中国、インド、日本、等)

以降では、WSとFGML5G会合の内容を報告する。

2. ITU Workshop on “Machine Learning for 5G and beyond”

本WSのプログラムは下記URLに示すとおりであり、3つのテクニカルセッションとパネル討議を行った。

<https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/20180807/Pages/Programme.aspx>

テクニカルセッションは、下記構成で、10件の発表が行われた。

S1: Research Advances in ML for Wireless Network

S2: ML Solutions for Industry Applications

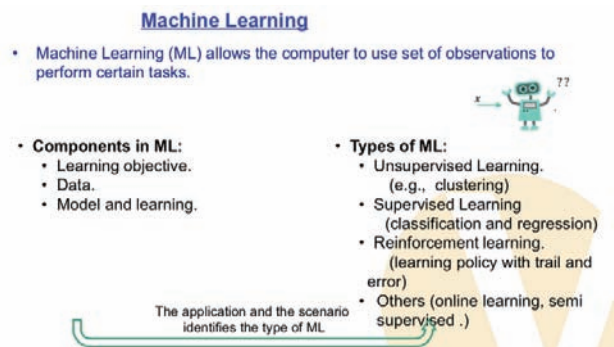
S3: Standardization of ML-aware Wireless Network

パネル討議では、パネリストにIntel, Nokia, AT&T Labsの研究者を迎え、“Will ML/AI change the way we design and operate communications networks?”と題して討議が行われた。

S1は、アカデミアからの無線ネットワーク制御を対象にML/AI技術の適用事例が紹介され、機械学習 (ML) の適用領域を、①教師なし学習：分散ネットワークやアドホックネットワークのクラスタリング、②教師学習：観測データの分析に基づく状況の識別や回帰による予測、③強化学習：トライ&エラーを繰り返しながらの適応的な最適化に大きく分類している (図1参照)。

無線ネットワーク領域への②及び③に関する適用事例が多く、モデルを必要としないデータ駆動型のアルゴリズム、E2Eでのグローバル最適化、技術の導入容易性を、ML利活用のメリットとして訴求していた。OFDMチャンネルの品質予測、Massive MiMO検出やスケジューラの最適化、マルチバンド環境での電波伝搬推定や最適割当て、ビームフォーミングパターン最適化に教師学習 (多層ニューラルネット、深層学習) を適用する事例や時系列での適応型制御、長期にまたがる最適化に必要なパラメータ抽出、プライバシーや情報の漏洩への対策等の将来課題が提示された。

S2では、IntelからImmersive Mediaコンセプトの実現に向けた、コンテンツ生成・配信・消費において、オブジェクト認識やコンテンツ分析、QoS制御やモビリティ管理、QoEパーソナライゼーションへのAI技術適用が紹介され、Philipsから



■ 図1. 機械学習とは (A F. Molisch発表資料)

はConnected Health (IoH) コンセプトにおける、eMBB: 遠隔診断、mMTC: バイオセンサ情報収集、URLLC: 遠隔手術等、高信頼かつセキュアな活用と、消費電力、コスト、プライバシー、帯域・遅延等の様々な評価尺度からのサービスの最適化・状況適応手段として、ヘルスケアサービス・アプリケーションへのML/AI技術と5Gへの期待が紹介された。

S3では、3GPP SA2で議論されているFS_eNA (Study of Enablers for Network Automation for 5G) と、ETSI ISG ENI (Experimental Networked Intelligence) の活動状況が報告され、いずれも、Huaweiが活動をリードしている点が注目される。

FS_eNAは、2017年5月~2018年12月の活動期間で、3GPP Release16向けのNetwork Data Analytic Function (NWDAF) の仕様化を目指している。Release15向けでは、トラフィック負荷情報からスライスの自動振分を行う仕様が既に公開されており、Phase2では、サービス品質管理、mMTCデバイスの通信性能向上、UEの移動パターンに基づく無線アクセス最適化等の機能拡張を進めている。

ETSI ISG ENIは、SDN/NFV適用ネットワークを対象に、自動制御・自律管理用観測データ分析、フィードバック制御、ポリシ運用・管理の機能アーキテクチャを検討している。アーキテクチャは、NFV MANOの機能強化の形態 (ENI Assisted MANO) で体系化されている。

パネル討論では、入出力データからブラックボックス型による効果的な制御実現へのML/AIへの期待と、ML/AI機能の分散化が必須なネットワーク領域での実用化には、更なるML/AIアルゴリズムの改善、データ収集メカニズムの最適化と、効果の定量的な評価手法の確立が必要、等の議論が行われた。また、ML/AIはシステムのロバスト性を担保するためのセーフティネットであり、既存の制御・管理手法とのハイブリッド (グレイボックス型) な運用や、学習結果とドメイン知識との融合、等が将来的に重要となるのでは、との意見交換を行った。

このように、WSでは、ワイヤレスネットワーク (無線領域)、仮想ネットワーク (SDN/NFV、スライス)、通信アプリケーションの各領域でのML/AI技術の適用に関する研究開発動向を共有することができた。WSでの発表に共通する、技術発展の方向性を表すキーワードを以下に示す。

- ・データ駆動型ネットワーク (Data Driven Network)
- ・分散処理 (MEC/Fog Computing)
- ・多様性への対応 (Meta-XX、Safety-net)



■写真. ITU Workshopの様子

3. FGML5G会合

3.1 FGML5Gの概要

本FGは、2017年11月のITU-T SG13会合にて設立され、将来ネットワークにおける機械学習適用におけるアーキテクチャ、インタフェース、プロトコル、アルゴリズム、データ形式に関する技術レポートと仕様の作成を目標としている。

<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ml5g>

議長は、Fraunhofer HHIのSlawomir STANCZAK氏で、ナイジェリア、韓国、ロシア、中国、トルコから副議長が選出されている。各WGのSoWを下記に示す。

- ・WG1: Use cases, services and requirements

チェア: Seongbok BAIK, KT (韓国)

Mostafa ESSA, Vodafone (エジプト)

ユースケース及び要求条件、現状の標準仕様とのギャップの明確化と、重要なユースケースの策定、複数のユースケースに共通する基本機能の仕様策定、ユースケースとビジネスエコシステムの技術ギャップ分析を行う。

- ・WG2: Data formats & ML technologies

チェア: Wojciech SAMEK, Fraunhofer (ドイツ)

Qi SUN, China Mobile (中国)

機械学習に必要なデータを、ネットワークからいかに収集・精査・処理を行うかについて、プライバシーやセキュリティへの影響、機械学習手法のネットワーク課題解決への適用を明確化し、機械学習技術の適用方式やデータ形式と、ネットワークアーキテクチャに与える影響の分析と、WG1が定めるユースケースを想定したデータ形式と収集の仕様策定を行う。

- ・WG3: ML-aware network architecture

チェア: Wei MENG, ZTE Corporation (中国)



機械学習がネットワークアーキテクチャに与える影響や、計算能力、消費電力、インタフェース、通信資源等の要求条件の明確化、機械学習機能を実現するネットワークアーキテクチャの策定、WG1・WG2と連携した機械学習に必要な機能、インタフェース、資源の仕様策定を行う。

3.2 第3回会合の報告

第1回は2018年1月30日～2月2日にスイス（ジュネーブ）、第2回は2018年4月26日～27日に中国（西安）で開催され、今回は3回目の会合であった。3WGの議論は逐次的に行われ、ほぼ全てのFG参加メンバが、全てのWGの議論に参加している。

本会合では、WG1はFGML5Gでのユースケースと、3GPP TR23.791でのユースケースとを比較し、WG2は機械学習機能に必要なデータの収集・精査・処理の方法、WG3は機械学習がネットワークアーキテクチャに与える影響、特にネットワークの異なる機能コンポーネント（装置、プロトコルレイヤなど）にまたがる機械学習機能の制御・管理の在り方について議論が行われた。寄書は、WG1ユースケース関連が14件、WG2データ形式関連が2件、アーキテクチャ関連が7件、一般・リエゾン関係が8件の、合計31件であった。

WG1では、表1に示すように、基本的には、モバイルネットワーク及び無線資源制御を主対象とした提案が多く、モバイルコアからインターネットまでにまたがるE2Eネットワークの検討には及んでいない点が、課題であろう。

当面は、WG2やWG3の活動と連携するために、Mobility Pattern Prediction（MPP）のユースケースを深掘りすることを本会合では合意し、技術課題の抽出や必要となるデータの詳細分析を進めていく計画とし、

共通機能の明確化を目的に、3つ以上のユースケースを成果報告としてとりまとめる予定である。MPPに加え、Radio Resource Management for Network SlicingやEnd-to-End NW Slicing including Management & Orchestration、Mobility Managementが候補となっているが、3GPPやISO等他のSDOで検討されているユースケースとの重複を避けるため、精査しながら検討を進める計画である。本会合では、3GPP SA2との連携強化を図りつつも、FGML5Gのオリジナリティとして、ML導入がネットワークアーキテクチャに与える影響を明確化していく事がFGML5Gのミッションであると再確認・合意した。

WG2では、機械学習エンジンの入力データの整理について、特に、どのような評価尺度で整理すれば、ネットワークアー

■表1. WG1で議論したユースケース寄書の一覧

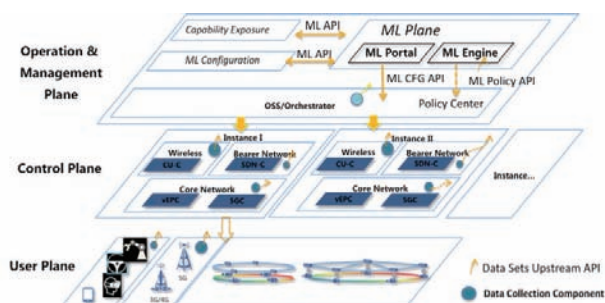
寄書タイトル (抜粋)	概要	提案者
Mobility Pattern Prediction (1/2)	利用者の移動軌跡やサービス利用パターンを学習・予測し、ネットワーク制御の最適化や新しいサービス創造を行う。	China Mobile (中国) Fraunhofer (ドイツ)
Mobility Pattern Prediction (2/2)	同上 (スライス内、スライス間の制御に関する記載を追記)	China Mobile (中国) Fraunhofer (ドイツ)
Radio Resource Management	(無線) NWスライスで必要となる無線資源量を学習・予測し、最適化する。	China Mobile (中国)
Intelligent Networks	SONをAIにより機能拡張し、マルチベンダ、マルチNWの自己組織化を実現する。	Vodafone (エジプト)
Alarm Correlation and Filter	アラームの相関関係抽出やフィルタリングを学習し、自己修復NWを実現する。	China Unicom (中国)
Caching for MEC	深層学習でコンテンツのアクセス傾向を学習し、キャッシュ効果を最大化する。	China Unicom (中国)
QoE Optimization	強化学習を用いて、モバイルNWのQoSを予測し、サービスのQoEを最適化する	China Unicom (中国)
MIMO Channel Measurement	伝搬チャネル情報を学習し、無線資源の最適化、セル負荷の平滑化を実現する。	Fraunhofer (ドイツ)
Traffic Classification	深層学習や強化学習を用いて、トラフィック種別の識別と予測を実現する。	ETRI (韓国)
Grid Level Network	Cell毎ではなく、地理的なグリッド毎にNW性能データを学習し、最適化する。	Vodafone (エジプト)
Cognitive Het-Net	Intelligent Networksと同一のシナリオ。	Vodafone (エジプト)
Optimization in IoT Edge	超多数機器接続サービス (mMTC) を対象とした、AIによる資源割当を実現する。	インド ETRI (韓国)
Use Cases: Clustering & Mapping	本FG14ユースケースで対象とする、NWレイヤ・運用フェーズ・学習方式を整理。	Fraunhofer (ドイツ) China Mobile (中国)
Use Case Comparison with 3GPP	3GPP TR23.791での13ユースケース・主要課題と、本FG17ユースケースを比較。	Fraunhofer (ドイツ)

キテクチャへの影響を効果的に分析できるかが議論され、どこで?:(モバイル) ネットワーク構成上の位置 (UE、DU、DU、CN/NMS)、何を?:データ種別 (実測値、コンテキストデータ、シミュレーションデータ)、の形式で整理し、更に、データ収集の頻度やタイミング、遅延要件、セキュリティ・プライバシー要件、信頼性要件、等での細分化を次回までの検討事項として合意した (表2参照)。また、現状ネットワーク構成では収集できない不足情報や、MLで導出可能な情報の明確化議論も並行して進める計画とした。

WG3では、ML-aware Network Architecture (I-056)、5G Network Architecture enabling Customized Mobility Management (I-071)、3GPP SA2 NWDAF (TR 23.503, TR 23.791) を参照し、アーキテクチャ詳細化の議論が行われたが、WG1/WG2の成果が確定していないため、現時点でアーキテクチャ検討の深掘りは難航したが、アーキテクチャ定義のためのテンプレート作成や、エッジコンピューティングアーキテクチャの適用方式の明確化の検討を、継続検討する計画となった (図2参照)。

■表2. データ形式の整理例 (I-075より抜粋)

	Measurements	Context data	Simulated data
UE level	GPS, RSRP, Beam State Information / SNR,	UE context information	
DU level	Timing Advance, GPS,	ids, logs, KPIs, (provided by CU)	
CU level	Aggregated measurements	Maps, Handovers patterns	
CN & NMS level	Tracking area identity, Area of Interest,	Configurations, collection of UE / population behaviors and statistics, location reports	



■図2. ML-aware NWアーキテクチャの例 (I-056)

4. おわりに

今回のITUワークショップ及びFGML5G会合への参加を通しての所感をまとめる。ML/AIのネットワーク領域 (5G and beyond) への適用の方向性は、①多様な最適化を実現するネットワークのスマート化、②ロバスト性と運用インテリジェンス、③新しいデータ価値を提供するML/AI融合基盤、の3つの視点に大別できるとの理解に至った。ただし、ML/AIの適用に関して効果のある事例が多く検証されてはいるものの、どんなML/AIアルゴリズムをどのように適用すべきか、に関する方法論の共通認識は確立できていないのが現状であるとの認識を新たにした。

今後の重要な研究開発の方向性は、ユースケースに基づく事例研究を進めることによる現状打破への挑戦、どんなデータをどの程度収集すべきかに関するノウハウの蓄積と共有、各手法の特性 (バウンダリ:適用限界) の見極めと定義の確立、各手法の利活用や実装におけるネットワークアーキテクチャへの影響度の明確化、モデルに基づく既存手法との差異化・メリットの明確化、ドメイン知識との融合によるインテリジェンスの高度化、等であると考えます。

また、FGML5Gの検討は、モバイルアクセス領域の制御技術に焦点が偏っていること、が大きな課題であり、今後の早い段階で、E2Eネットワーク領域の運用・管理技術を対象とするユースケース (ML/AI技術の導入事例) に関して、日本から寄書提案することが重要であろう。特に、通信事業者や通信関連ベンダ等のインダストリからの貢献が、効果的であると思われる。さらに、長期的には (ユースケース検討が収束した時点から)、ML/AI導入に向けた重要な基盤技術として、ネットワークソフトウェア化の重要性と日本が保有する先進技術を訴求していくことが重要と考える。

次回は2018年11月27~29日にTTCにて開催予定であり、11月26日は、一橋大学一橋講堂において、NICT/TTC主催、及びITU協賛の技術セミナー「Business Innovation and Value Creation utilizing IoT/AI」が開催予定である。将来ネットワークにおけるML/AI活用に興味・関心のある方はぜひ一度参加されたい。

https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ml5g/Documents/Seminar_program_26Nov2018.pdf