SEMINAR REPORT

ＡＩ等を活用した通信ネットワーク運用の高度化・自動化

日本電信電話株式会社
NTT ネットワーク基盤技術研究所
ネットワークアーキテクチャ
　技術革新 SE プロジェクト
プロジェクトマネージャ　主席研究員
松本　公秀　氏

ただいまご紹介にあずかりました松本です。本日は、Artificial Intelligence（AI）に限らず、最新の技術を用いた通信ネットワーク運用の高度化、自動化についてお話しをさせていただければと思います。

ネットワーク運用の課題と解決の方向性

皆さまご承知の通り、通信ネットワークを取り巻く環境変化は激しくなる一方であり、これまで ICT 分野から縁遠かった様々な産業のデジタル化、IoT 化が進展し、通信ネットワークにつながるようになってきました。それに伴い、ICT 産業における通信ネットワーク・通信キャリアの位置づけが大きく変化してきています。また、スマートホンの普及、高精細な映像サービスの拡充などに起因して、通信トラヒック量の爆発的な増大も継続しています。その一方、少子高齢化の進展による生産年齢人口の減少が続いており、通信ネットワーク運用においても省力化は喫緊の課題となっております。

一方、通信ネットワークを支える技術面においては、Network Function Virtualization（NFV）と Software Defined Network（SDN）に代表されるネットワークのソフトウェア化の進展により、ネットワーク構築・運用の柔軟化・迅速化が期待されています。また、今日のテーマである AI や機械学習等によって、通信ネットワーク運用における新たなイノベーションへの期待も高まってきています。

現在の通信ネットワークが直面する課題は、前述のように多様な産業のデジタル化に伴い、ネットワークに対する要求条件が多様化し、複雑化していることです。また、新たなサービスも次々と登場しているので、予測しがたい需要変動やネットワークに対する要件の変更にも対応しないといけません。それと同時に、これらの課題への対応を低コストかつ省力化も満たしながら実現しないといけません（図 1）。

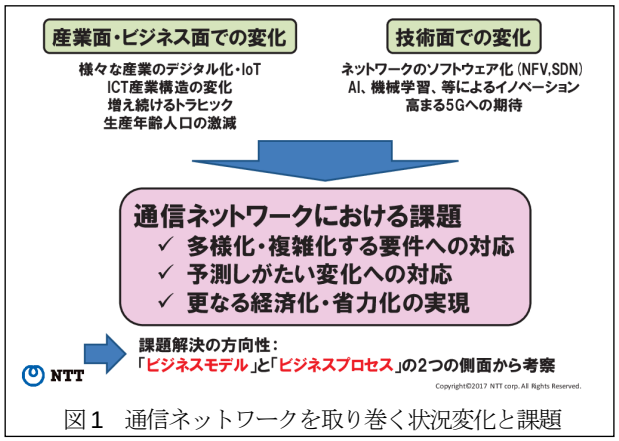

図 1　通信ネットワークを取り巻く状況変化と課題

この難しい課題をいかに解決していくかについて、ビジネスモデル、ビジネスプロセスの 2 つの側面から考えていきたいと思います。

ビジネスモデルの面から考えた場合、ICT 産業構造に大きな変化が生じてきていると考えています。今までは、通信ネットワークが中心にあって、その周りに通信ネットワークを利用する様々なサービスがあるネットワーク主導の構造だったと考えられます。しかし今はサービス主導の構造になっており、サービスが中心にあって、その周りにサービスを構成する様々な要素があって、その 1 つが通信ネットワークや端末である。極端な言い方をすれば、通信ネットワークを中心とする天動説から、サービスが中心にあって、それを構成する部品の 1 つに通信ネットワークがあるという地動説に変わったぐらいに認識を変えないといけないのではと考えています。

このような状況の下、NTT では B2B2X ビジネスモデルへの取り組みを進めています（図 2）。今までは NTT グループがネットワークやサービスを直接個人や企業に提供していましたが、これからは図 2 の真ん中にある様々なサービス提供者と NTT が連携することにより、サービス提供者の先にいる従来より幅

広い多様なお客様（個人、企業、等）に新たな付加価値を提供するモデルです。この考え方に基づいてNTTグループが2014年に開始したのが「光コラボレーションモデル」です。

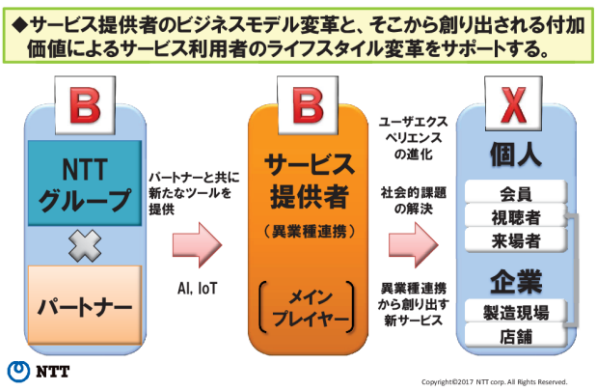

図2　課題解決の方向性（B2B2Xビジネスモデル）

次にビジネスプロセスの面から考察します。通信の世界に限らず、従来から用いられている代表的なプロセスモデルがPDCA型プロセスです。サービスやインフラを設計し、構築し、運用し、必要なアクションを行い、それを再び設計にフィードバックしてサイクルを回すモデルです（図3）。このPDCA型プロセスは様々な分野で用いられて来ましたが、限界が見えつつあります。

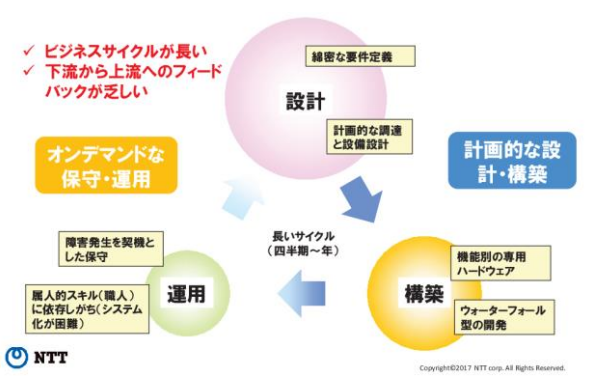

図3　PDCA型ビジネスプロセスの限界

通信ネットワークを例に取ると、従来はネットワークやシステムの詳細な設計や要件定義を綿密に行い、計画的な調達を実施し、緻密な導入計画を立て、できるだけリスクを減らしつつ上流のプロセスを進めていました。専用のハードウェアを開発し、ウォーターフォール型でシステム開発をします。そうすると必然的に上流工程は長くなりがちです。一方、その運用フェーズでは、障害や故障の発生を契機としたオンデマンドな保守になりがちです。そうすると結局、障害対応は属人的なスキル、職人技といったシステム化が困難な技術に頼らざるを得なくなります。別の言い方をすると、PDCA型プロセスの実情は「上流工程（設計・構築）は計画的で、下流工程（保守・運用）はオンデマンド」と言えます。このような状況では運用から得られた知見は、なかなか設計フェーズにフィードバックできず、結局、PDCAサイクルは回らなくなります。先の述べたとおり、通信を取り巻く環境変化は激しく、通信ネットワークへの要件は多様化し、予測しがたい変化も頻発しています。そのような状況に対してPDCA型プロセスの考え方は限界が来ていると考えます。

この現状に対し、今後の通信におけるビジネスプロセスの方向性を図4で説明します。上流工程の設計・構築にかかる時間を、多少、ラフになっても構わないので短縮します。緻密なモデル化に時間をかけず、ラフな設計に基づくタイムリーな調達ができるようにします。構築フェーズもNFVやSDNといったソフトウェア技術を活用して多様な要件に迅速・柔軟に対応する方向を目指します。開発スタイルもアジャイル型開発のようなスタイルにし、急な要件変化にも柔軟に対応できるようにします。その一方、リソースやインテリジェンスを下流工程の保守・運用に集中させ、端的に言えば、保守・運用が定型化されることを目指します。つまり、先に述べた従来のPDCA型プロセスの実態とは逆の状況になるようにします。こうすることによって、サイクルが短く変化の多い状況で、多様な要件に柔軟に対応しつつ、運用で得られたリスク対処や知見を素早く上流工程にフィードバックするサイクルが実現できます。このサイクルを実現するためのブレークスルーとして、AIや機械学習という技術が重要になってくると考えています。

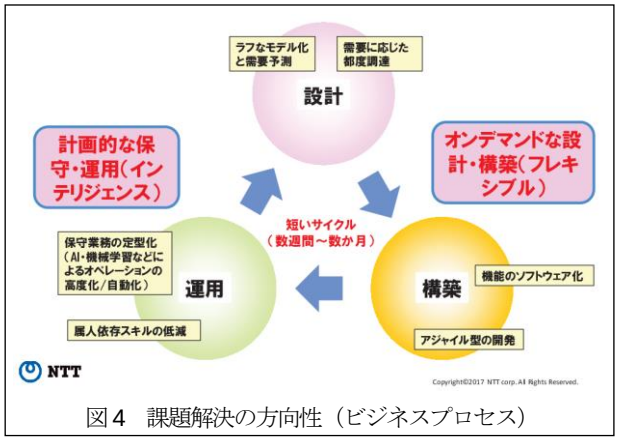

図4　課題解決の方向性（ビジネスプロセス）

近年着目されているLean Startup Modelも基本的には同様のモデルです。新しいアイデアを思いついたら、とにかく作ってみて早期に市場に送り出します。市場での反応を計測しデータとして取り出し、そこから学習し、再びアイデアにフィードバックします。このサイクルを短く何度も回します。フィードバックに要する時間を最小にすることが重要です。通信ネットワークの運用も、このような方向を目指していく必要があると考えます。

ここまでの話しを図5にまとめます。ビジネスモデルは、ネットワーク主導のB2B/B2Cからサービス主導のB2B2Xモデルへと変わって行きます。ビジネスプロセスは、計画的で緻密な設計を実施してオンデマンドに保守運用するのではなく、オンデマンドに設計・構築して計画的に保守運用する方向にします。そのためには、通信ネットワークはフレキシブルかつ柔軟なアーキテクチャになることと、保守運用フェーズにはインテリジェンスを集中させることが重要なポイントになってくると思います。

NTT研究所では2年ほど前に「NetroSphere構想」を発表しました。基本的にはここまでにお話しした方向性と同じことを目指しており、ソフトウェア化、仮想化の技術を使って、フレキシブルなネットワークを実現することと、オペレーションを高度化・自動化し、インテリジェントなネットワークを実現す

ること。これらを両立させるための研究開発を推進しているところです。

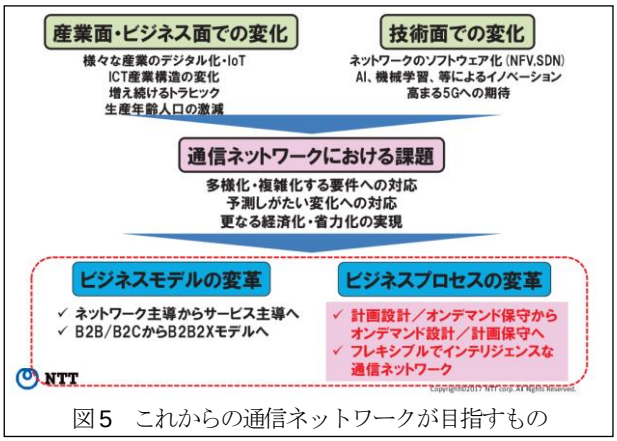

図5　これからの通信ネットワークが目指すもの

NTT 研究所の取り組み

ここからは、オペレーションの高度化・自動化に向けて、NTT 研究所で取り組んでいる具体的な技術をいくつか紹介させていただきたいと思います。

最初にご紹介するのは、ネットワーク故障検知での例です。AI を使ってインテリジェントに故障を早期に検知するもので、「大規模ネットワークログ情報を用いた故障要因特定技術」と言います。

通信ネットワークの保守の現場では、たくさんの機器から膨大な量のメッセージ（ログデータ）が出てきます。しかし保守の現場でこれら大量のメッセージを一つ一つ確認し判断するというのは非現実的です。そこで、大量のログデータを AI を活用して処理して、データ群の中から規則性や特徴的なパターンを抽出することで、故障を事前に予知する技術に取り組んでいるところです。

イメージを図 6 に示します。左側のような大量のログデータをテンプレートによってグループ化します。正常時にも発生している周期的なメッセージなどをフィルターし、重要な警報が発生する前に起こる特徴的な事象を、過去のログデータを学習することによって見つけます。

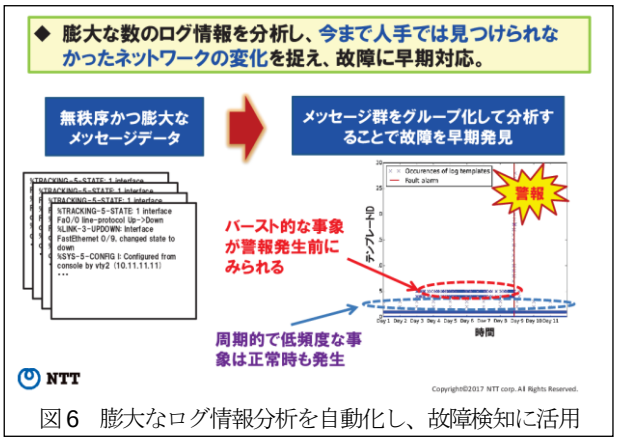

図6　膨大なログ情報分析を自動化し、故障検知に活用

ただし、この技術の最大の難点は、何回か重大な故障を経験しないと学習できないことです。当たり前ですが、大きな障害は多発してもらっては困るので、少ない事例からこのようなパターンを見つけないといけません。NTT 研究所では、現在、事業会社から提供いただいたデータを使って、実験室レベルでの検証を進めているところです。

図 7 は、AI を活用した別の事例で、ワークフロー可視化技術と呼んでいるものです。通信サービスとそれを構成するネットワーク設備は多様化が進んでおり、高度な故障対応スキルを身につけた保守者の早期育成が課題になっています。

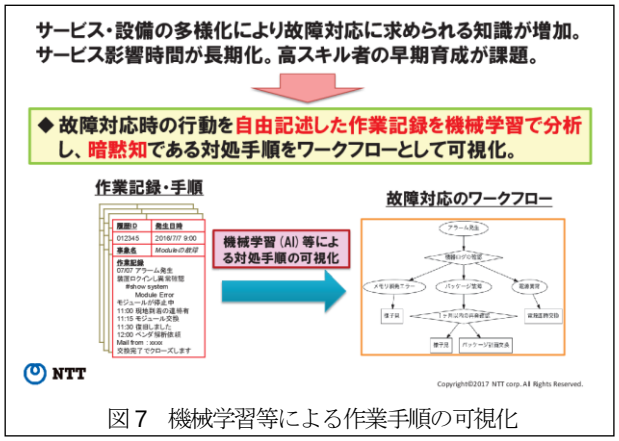

図7　機械学習等による作業手順の可視化

ネットワークに故障が発生した場合、保守者は対応手順や作業の結果を文書として残します。これらの文章は通常、大まかなフォーマットはありますが、基本的には保守者が自由記述することが多いのが実態です。本技術は、これらの作業記録を機械学習し、その中から故障対応手順をワークフローとして抽出し可視化します。この技術によって、従来、高スキル者の頭の中にあった対応手順や判断ポイントを、暗黙知から形式知にすることができ、保守者の育成期間の短縮、保守体制の効率化につながることが期待されます。

本技術の更なる展開としては、大量の作業記録から自動的にワークフローを抽出し、そこから標準的な作業シナリオを生成し、自動的にオペレーションシステムで実行するといった保守運用業務の自動化につなげていきたいと考えています。

このワークフロー可視化技術は、通信分野だけでなく、非常に広範囲な分野への適用が期待されています。

次に紹介するのは「自動障害箇所推定技術」（図 8）です。

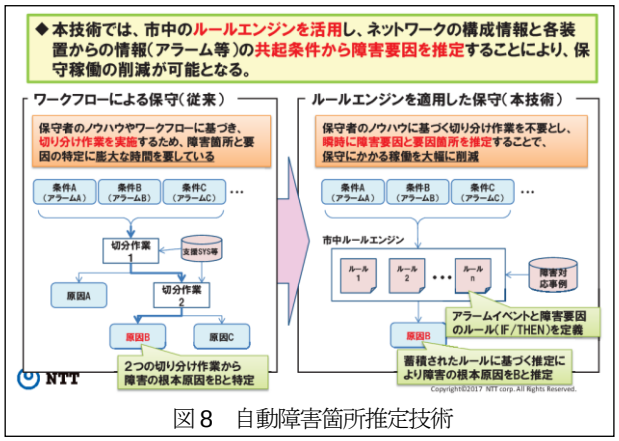

図8　自動障害箇所推定技術

従来の保守業務では、ネットワークから上がってくる大量のアラームを監視システムで収集し、オペレーションセンターなどにある端末に表示します。それを保守者が見て、別の保守者

に切り分け試験などの作業を指示し、原因を探索し回復作業を行います。このような業務は、保守者のスキルや経験に依存しがちになってしまいます。

それに対して本技術は、収集されたアラームに基づいて自動的に推定ルールを生成していき、故障の要因・箇所を推定しようというものです。保守者は本技術によって示された故障要因候補に対して修理を実施し、もし候補が間違っていたら、それを推定ルールにフィードバックします。今までですと保守者が経験によって積み重ねて取得していた故障要因切り分けノウハウを自動的にシステム的に生成できることを目指しています。

図7のワークフロー可視化技術は、保守者が記録した作業手順から機械学習によって故障対応手順を自動生成するものです。これに対して図8の自動障害箇所推定技術は、故障発生時のアラームの種類と発生場所の情報を積み上げていくことで、自動的に要因推定ルールをつくり上げるものです。実際のネットワーク保守の現場では大量のアラームが収集されているので、それらのアラームから推定ルールを生成して行きます。

本技術も、実網で得られたアラームなどのデータに基づいた実験室レベルでの検証を実施している段階です。

次の図9は、ネットワーク制御とトラヒック予測を連携させたネットワーク制御高度化技術の事例です。通常のネットワーク制御では、観測されたトラヒック量に基づいて設備容量を制御するのですが、そこにさらに環境的なパラメータや、人の行動、人がどんな通信をするのかといった要素を取り込みます。これらの要素をパラメータ化・モデル化してシミュレーション（マルチエージェントシミュレーション）を行います。このシミュレーションで得られたトラフィック予測値に基づき、最適経路割当などのネットワーク制御を行う技術です。

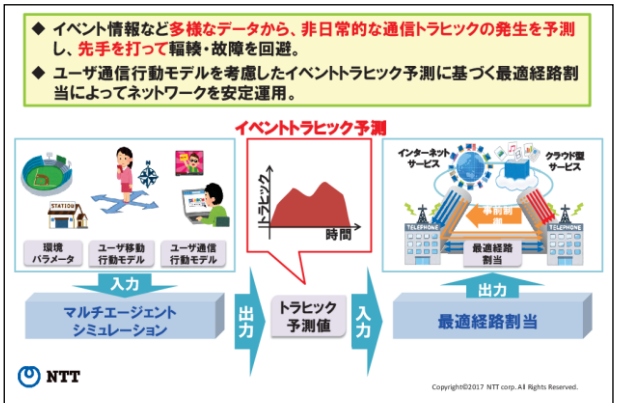

図9　トラヒックの時空間予測によるネットワーク制御の高度化

この技術の適用シーンについてマラソンを例に説明します。マラソンはあらかじめ走るコースが決まっており、また過去の大会の実績データなどにより、コース上のどのあたりにどのくらいの人が来るかということが、ある程度は推測できます。ランナーが走って行くに伴って、観戦している人の発するトラヒック、テレビ放送の発するトラヒックなどがコースに沿って移動していく様子を前もってマルチエージェントシミュレーションをしておきます。この絵の例ですと、マラソンコース上に通信拠点が4つあるので、それぞれの拠点ごとにランナーが走っている時間経過にともなって、トラヒックがどのように時系列変化するかを予測します（図10）。人の行動や通信の種類など従来よりもリアルなトラヒック予測をし、それに基づいて事前に最適な経路割当を行い、高度なトラヒック制御を実現しようというアプローチです。

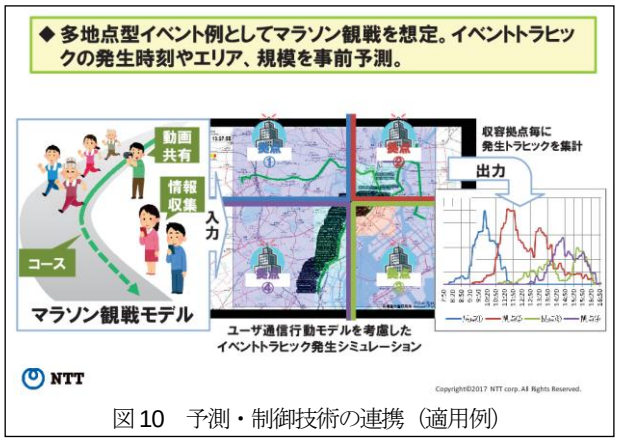

図10　予測・制御技術の連携（適用例）

ここからは少し趣を変え、所外系設備の保守運用における最新技術を紹介したいと思います。

図11はドローンの適用事例です。ドローンにカメラを取り付け、リアルタイムで映像を確認しながら通信ケーブルの敷設を行います。このような技術は大規模災害時に活躍することが期待されます。この技術開発のきっかけは東日本大震災でした。通信ケーブルが通っていた橋が津波で流され、新しくケーブルを敷設するのに非常に苦労したという経験に基づいています。

図11　設備保全業務へのロボット技術の応用

図12は、自動車による所外設備点検の事例です。Google Carに少し似ていますが、全方位カメラだけでなく、高密度レーザーやGPSも搭載しています。

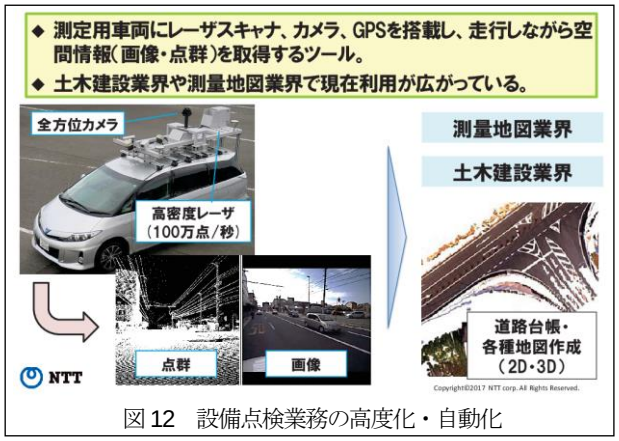

図12　設備点検業務の高度化・自動化

走りながら、電線、電柱や道沿いの建物などを点群データとして蓄えていきます。そのデータを後で処理して分析します。

例えば、図 13 左側の写真を見ると、マンションの前に電柱が立っていますが、レーザー計測の点群データから電柱モデルをつくって画像解析にかけると、電柱の高さ、傾き具合などが自動的に収集できるので、これで電柱の点検が行えます。電線も経年でたわみが大きくなると、地上高が足りなくなってとても危険になりますが、この自動車を走らせることで保守点検が自動化され、点検作業稼働の大幅な削減が期待されます。この技術も、通信分野だけではなく様々な分野への応用が期待されています。

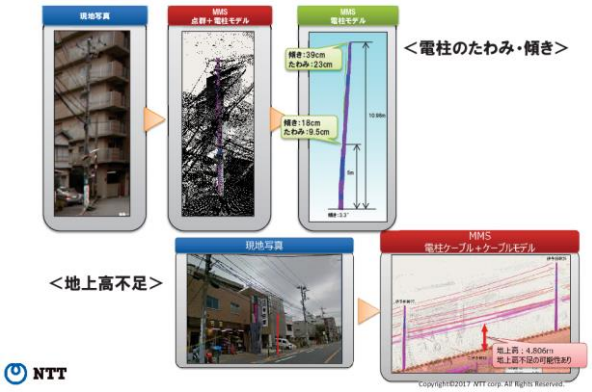

図 13　Mobile Mapping System による
点群データ取得・画像分析の例

ここまで、主にネットワークの保守運用業務における AI 活用技術を紹介してきましたが、それ以外の業務における事例を一つご紹介したいと思います。

これも NTT 研究所で取り組んでいるものですが、コンタクトセンタや窓口業務のような、オペレータが実施している対人業務に AI を適用する取り組みです（図 14）。

まず顧客とオペレータの会話をインテリジェントマイク技術で収集し、話者を識別しながら記録します。記録した会話の中から業務上のキーワードを抽出し、キーワードに基づいて関連するマニュアルの該当箇所をオペレータに提示し、オペレータの対人業務をサポートします。本技術では、事前に AI を活用してシステムにマニュアルを全て読み込ませ、理解させています。このように NTT では、ネットワーク運用だけでなく電話や通信サービスの提供に関わるさまざまな業務における AI の活用に取り組んでいます。

図 14　コンタクトセンタ窓口業務の自動化・高度化

海外キャリアの動向、他

ここまで NTT 研究所での事例を紹介してきましたが、海外キャリア等におけるオペレーションの高度化・自動化の事例を少し紹介したいと思います。

図 15 は、Central Office Re-architected as Data center（CORD）という米国 AT&T が中心になって進めているプロジェクトでの取り組みです。今年、米国で開催された展示会での、新規の局舎を 1 日で立ち上げるという実演展示の様子です。ただし、展示会場なので、局舎といってもラック 1 台程度の規模です。

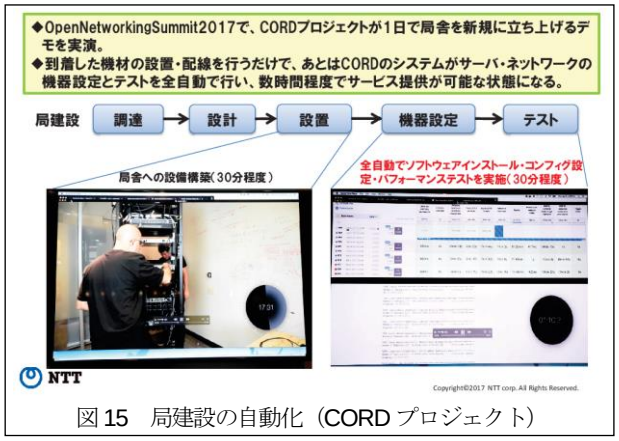

図 15　局建設の自動化（CORD プロジェクト）

実際の局舎構築に際しては、設計、機材調達、装置搬入、機器設定、テストといった段取りが必要で、何日間もの期間が必要になります。このデモでは、図 15 の左側の写真のように、まず機器を運んできてラックに組み込むまでが約 30 分です。次に、機器へソフトウェアを自動でインストールし、設定ファイル（コンフィグ）を自動的に投入し、テストを実行して開通完了するまでが約 30 分です。

通信会社の建物、いわゆる電話局には専用の装置がずらりと並びんでおり、場所を取るし、機器からの発熱も多く発生します。クラウド事業者などのデータセンターに比べると、運用コスト、構築コスト共に大きく、新しいサービスに必要な機材を柔軟・迅速に導入するのは難しいのが現状です。CORD プロジェクトでは、仮想化技術やネットワーク自動制御技術など、データセンタで適用されている技術を積極的に電話局に適用し、データセンタ的な設備に再構築することに取り組んでいます。CORD プロジェクトには AT&T 以外にも多くのキャリアが参加しています。

次に紹介するのは、2017 年 1 月に AT&T が発表した Network 3.0 Indigo というコンセプトです（図 16）。

AT&T が提供する Indigo プラットフォームに、Over The Top（OTT）、通信事業者、Content Delivery Network（CDN）事業者などが色々なデータを持ち込んできます。例えば、OTT はコンテンツごとの視聴率データ、通信事業者はネットワークの混雑状態のデータ、CDN 事業者はキャッシュの使用率データを持ち込みます。これらのデータを Indigo プラットフォーム上で有機的に結合・連携することで、コンテンツにアクセスする顧客にとっての通信の最適化を図ろうというものです。

図中に Network 3.0 data-powered by AT&T と書かれているように、データ配信にとって最適化されたコミュニティーを様々なプレーヤが協調して作っていくコンセプトです。それゆえ、

AT&T が単独で支配的なサービスを提供するのではなく、Indigo プラットフォームという場を提供することで色々なプレーヤが参入してきて、エンドユーザにとっての通信の最適化をネットワーク全体で実現するためのアプローチであると私は理解しています。NTT の光コラボレーションモデルに通じるところのあるコンセプトだと思います。

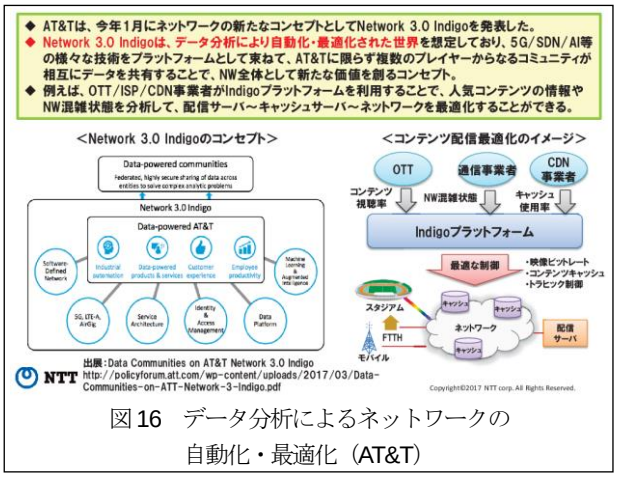

図 16　データ分析によるネットワークの自動化・最適化（AT&T）

次に Google の取り組みを紹介します。ご承知の通り、Google は単なる検索エンジンを提供する会社ではなく、世界中にたくさんのデータセンタを持ち、これらデータセンタ間をつなげるネットワークを最適に運用する方策に取り組んでいます。Google のネットワークを構成している最新のアーキテクチャは Espresso と呼ばれていて、第 4 世代になります（図 17）。Google 社は、自社のネットワークにいち早く SDN や NFV といった仮想化技術を導入してきていますが、最新の Espresso ではアプリケーションレベルの通信をリアルタイムで分析して、最適なインターネット配信経路を選択して SDN で制御しています。ユーザの体感品質を守りつつ、Google にとって最適になるように、自社ネットワークの構成を柔軟に自動的に制御しています。非常にアグレッシブな取り組みと思います。

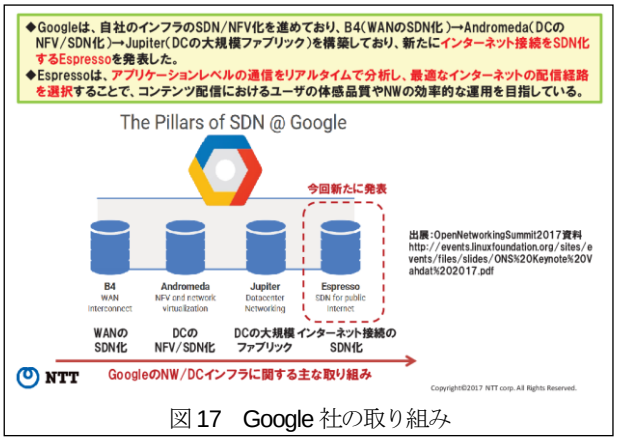

図 17　Google 社の取り組み

以上、海外の技術動向をいくつか紹介させていただきました。

まとめ

AI などの技術をネットワークに応用する際のポイントは、単純に人間がしてきたことを AI に置き換えるだけでは不十分で、一面的な適用になると思います。むしろ、様々な制約で人間ではできなかったこと、難しかったこと（やりにくかったこと）を機械に代行してもらう方向が良いと思います。最終的には、人間と機械が最適に分担することで、実行可能なオペレーションの量やスピード、あるいは柔軟性を拡張することが大事であると思います（図 18）。

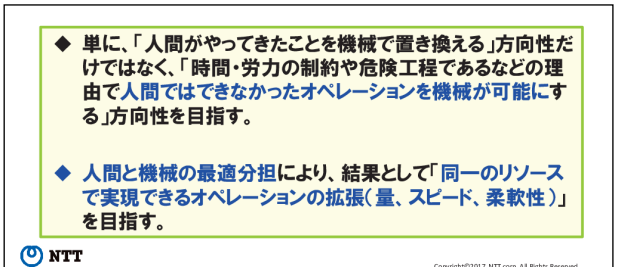

図 18　AI 技術のネットワーク応用のポイント

通信ネットワークを取り巻く環境は大きく変わってきており、それに対してビジネスモデルとビジネスのプロセスの両面からの取り組みが必要となります。

ビジネスモデルとしては、ネットワーク主導からサービス主導へ、B2B/B2C から B2B2X ビジネスモデルへと変わっていきます。プロセスモデルとしては、従来の上流工程を重視した計画型構築／オンデマンド型保守運用から、それとは逆の、オンデマンド型構築／計画型保守運用の方向に転換することが重要になってきます。それを効率的・低コストで実現するのためには、AI に代表されるようなイノベーションがキーとなります。

ネットワーク運用の自動化・高度化は世界的な潮流であります。また今後は、従来は ICT と縁の遠かった産業分野との連携が重要になってきます。

その他には、今日は触れなかった課題ですが、ネットワークのソフトウェア化の進展は、サイバーセキュリティーのリスクとのトレードオフになりますので、それも大きな課題です。また、自動化の進展は、万一の大規模システム障害発生時の復旧プロセスの複雑化とのトレードオフになります。さらに、技術面ではありませんが、自動化・機械化が進展すると、倫理面での課題も出てくると思われます。

このようなことを一つ一つ解決しつつ、通信キャリアとしてネットワークの保守運用の高度化・自動化を目指していきたいと考えております。

以上で私からの本日のプレゼンは終わりです。ご清聴ありがとうございました。

本講演録は、平成 29 年 6 月 9 日に開催されたＳＣＡＴ主催「第 101 回テレコム技術情報セミナー」のテーマ、「AI 等最新技術によるシステム運用の自動化について」の講演内容です。

＊掲載の記事・写真・イラストなど、すべてのコンテンツの無断複写・転載・公衆送信等を禁じます。