

Network-AI技術の活用による新たな価値の創出

わたなべ けいしろう^{†1} いけだ やすひろ^{†1}

渡辺 敬志郎 / 池田 泰弘

なかの ゆうすけ^{†1} いしばし けいすけ^{†1}

中野 雄介 / 石橋 圭介

かわはら りょういち^{†1} すずき さとし^{†2}

川原 亮一 / 鈴木 聡

NTTネットワーク基盤技術研究所^{†1}
NTTアクセスサービスシステム研究所^{†2}

本稿では、ネットワークサービスのプロアクティブな保守運用に向けてNTT研究所で検討を進めているNetwork-AI技術に関する取り組みについて紹介するとともに、Network-AIを構成する要素技術の一部について、その概要や事業会社における検証状況を概説します。

取り組みの背景

今後の人口減少等の社会環境変化やICTサービスの多様化といった変化に対応し、サービスを持続可能なかたちで発展できるようにするためには、サービスを提供・運用し始めた後、サービスの運用状況を的確に把握し、改善していくことが求められます。そのようなサービス運用の効率化やサービス価値の向上のため、ネットワークの計画・設計・構築や保守運用の業務において、①さまざまな情報収集、②収集した結果の分析、③分析結果に基づく修正指示・制御、というループを自律的に回す「自律制御ループ」の確立をめざし、Network-AI*技術を活用したオペレーション業務の高度化や支援システムの検討を進めています。

現在、Network-AIに関する具体的な取り組みとして、サービス事業者が必要とするリソースの組合せを自動で提案して最適リソースを割り当てる「オンデマンド提供」と、運用トラブル時に随時駆け付け保守など即時の対処を不要とする「計画保守」の検討を進めています。これらによりサービス

提供から運用までの一連の流れを自律的に制御する仕組みが実現できると考えており、これに向けてNTT研究所全体で検討を進めています。本稿では特に計画保守の実現に向けた取り組みについて紹介します。

計画保守を実現するための取り組み

計画保守の実現には、故障などの運用トラブルが発生してから対応するというリアクティブ（事後）対応を、予防保全的なプロアクティブ（事前）対応へ変えていくとともに、仮想化への対応を含む自動化を進めて計画的に保守することが必要と考えています。NTT研究所では、予防保全化・自動化を実現するための具体的なコンセプトとして、プロアクティブ制御型ネットワークを提案しています。プロアクティブ制御型ネットワークは、潜在的な性能劣化リスク（故障・輻輳等）や需要変化を予見的・早期に検知し、事前の制御・早期自動復旧を行うことをめざしています。

プロアクティブ制御型ネットワークにおける一連のオペレーションは、各種リスクの①監視、②分析、③制御・復旧のフェーズから構成され（図1）、各フェーズで必要となるNetwork-AI

の要素技術について以下のように検討を進めています⁽¹⁾。

- ① 性能劣化につながるネットワーク状態変化（輻輳や故障など）の予見的・早期の検知
- ② 劣化要因特定や障害箇所の推定
- ③ 性能劣化を回避するための制御や早期復旧

各フェーズの要素技術の一例を図2に示します。

本稿では特に①監視の要素技術である特異事象（サイレント故障など）の早期検知を目標に検討を進めているネットワーク異常検知技術、②分析の要素技術である障害箇所の自動推定技術について以下で概要を紹介し、ネットワーク異常検知技術については事業会社における検証状況を説明します。

ネットワーク異常検知技術の概要

NTTネットワーク基盤技術研究所では、ネットワーク状態変化の早期検知を目的として、オートエンコーダ（AE）を活用したネットワーク異常検知技術の開発に取り組んでいます^{(2)~(4)}。AEは、データに内在する複雑な構造の学習を可能とするディープラーニングの一種であり、AEによる異常検知技術に注目が集まっています。

* Network-AI：NTTグループのAI技術に関する取り組みである「corevo[®]」の1つ。

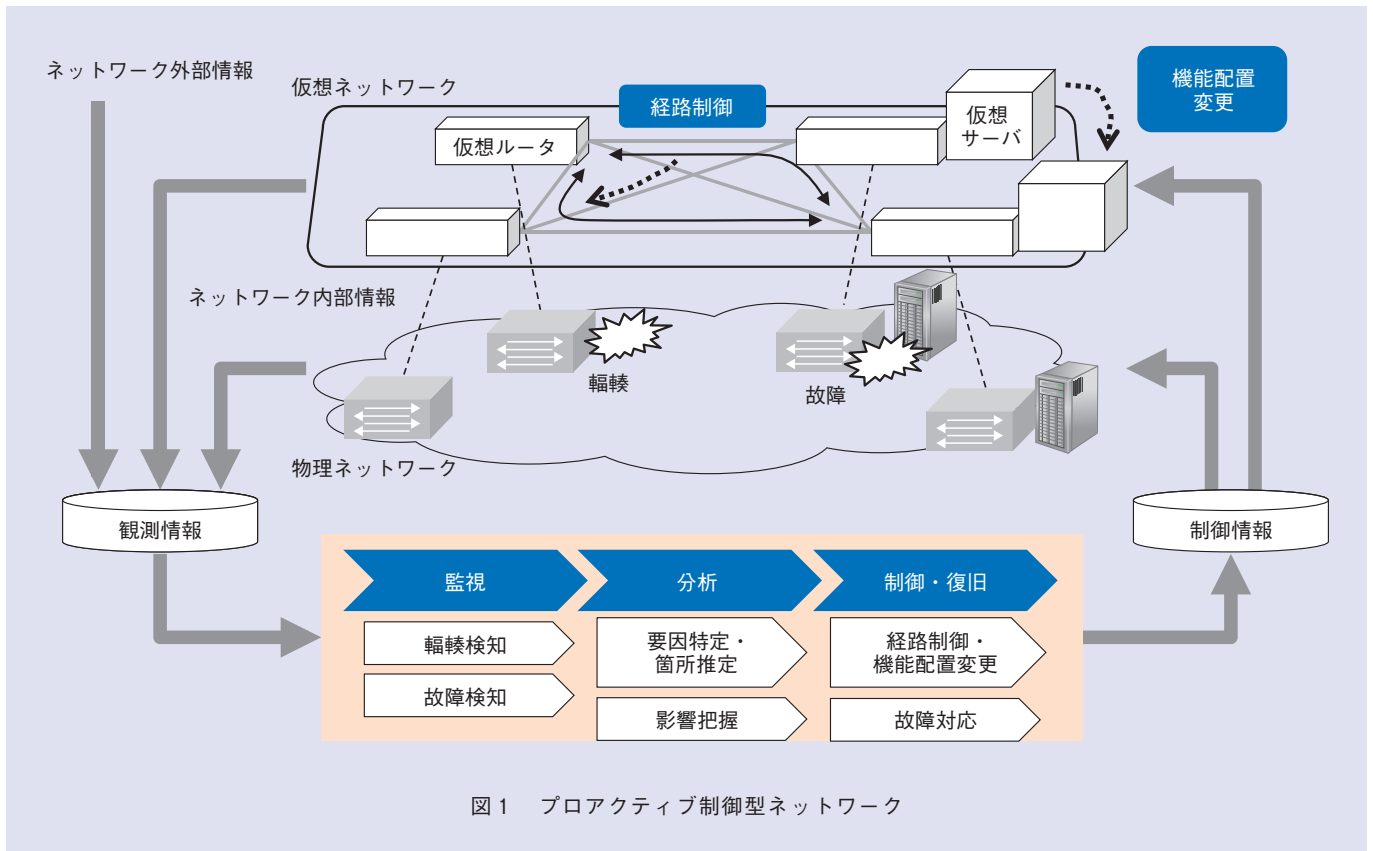


図1 プロアクティブ制御型ネットワーク

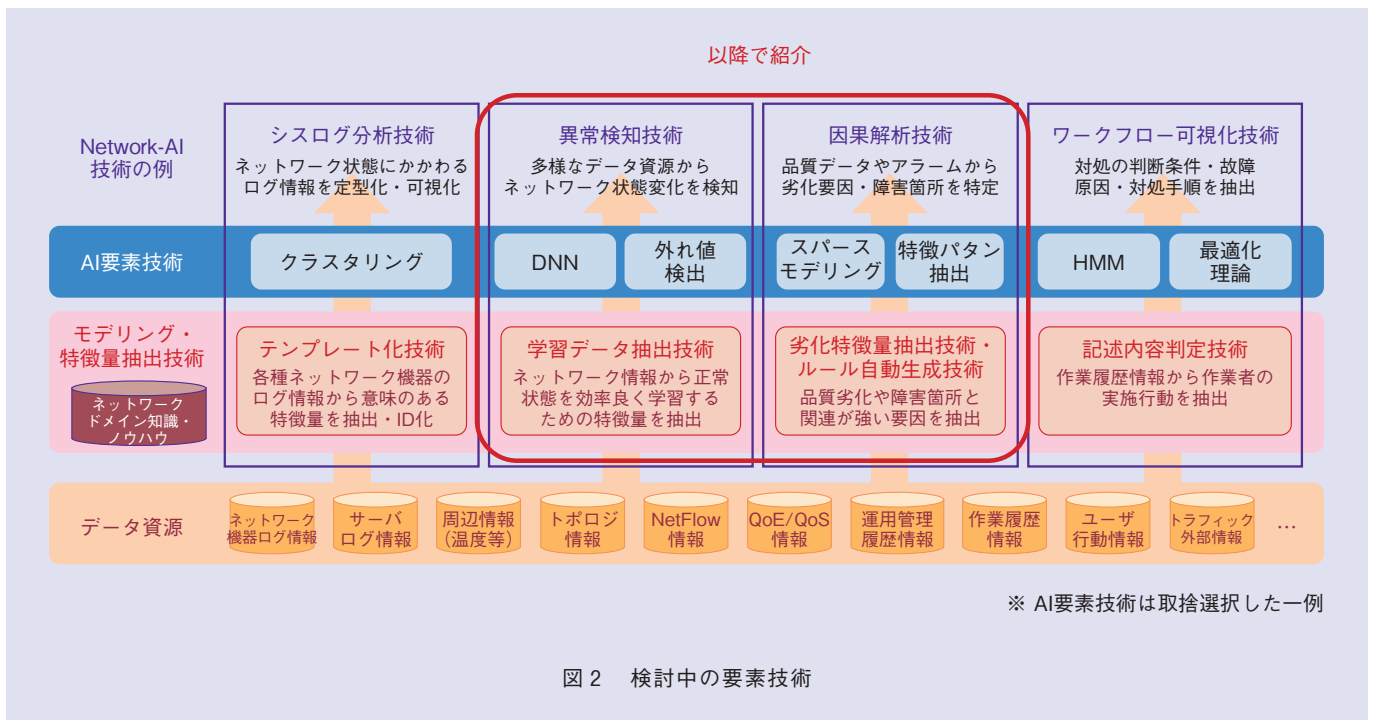


図2 検討中の要素技術

AEでは中間層の次元を入出力層より少なく設定し、入力層のデータを出力層で再現するようにパラメータを学習することで、中間層においてデータの次元削減が行われます。AEを用いた異常検知では、正常なデータは入力データ空間上において、低次元表現が可能なある多様体の周辺に分布するという前提に基づいています。学習時には、ネットワークが正常に動作している期間に観測した各種データによって「正常な状態」を学習し(図3(a))、テスト(異常検知)時には、現時点のデータが上記のように学習されたAEに入力され、入出力層のベクトル間の距離を異常度として出力します(図3(b))。異常度がしきい値を超えると異常として検知します。

なお、入力するネットワークデータとしては、SNMP (Simple Network Management Protocol)/MIB (Management Information Base) に基づくリ

ソース・トラフィック情報やNetFlowに基づくフローデータといった数値データに加え、テキスト情報であるルータやサーバのsyslogも対象としています。syslogは、syslog分析技術⁽⁵⁾を用いてID化し、各IDの出現回数を用いてテキストデータから数値データに変換します。こうすることで、syslogも含めた学習を可能としています。

さらに、異常を検知するだけでなく、異常検知時にその要因を推定するための検討も進めています⁽⁶⁾。具体的には、AEによって異常が検知されたら、どの入力次元が原因で異常度が高くなったかをスパース最適化によって推定する技術を検討しています。この技術では、異常度に対する各入力次元の寄与度を算出しており、これにより異常検知後の切り分け作業の効率化が期待できます。

自動障害箇所推定技術の概要

一方、NTTアクセスサービスシステム研究所ではネットワーク異常の発生箇所を推定する分析技術⁽⁷⁾に取り組んでいます(図4)。本技術は、ネットワークの構成情報と各装置が発するアラーム等および障害箇所から“障害原因とアラームの因果関係(ルール)”を自律的に導出します。前述のネットワークの異常検知時に、検知イベントとその近辺のアラーム等を入力として、生成したルールを用いて障害箇所を精度良く推定することが可能となり、推定した故障箇所を基に迂回路へ制御等を行うことで、性能劣化の回避やサービスの早期復旧が考えられます。また、異常が起きた結果を基に新たなルールを生成し蓄積することが効率的に行えるため、推定精度を向上していくことが期待できます。

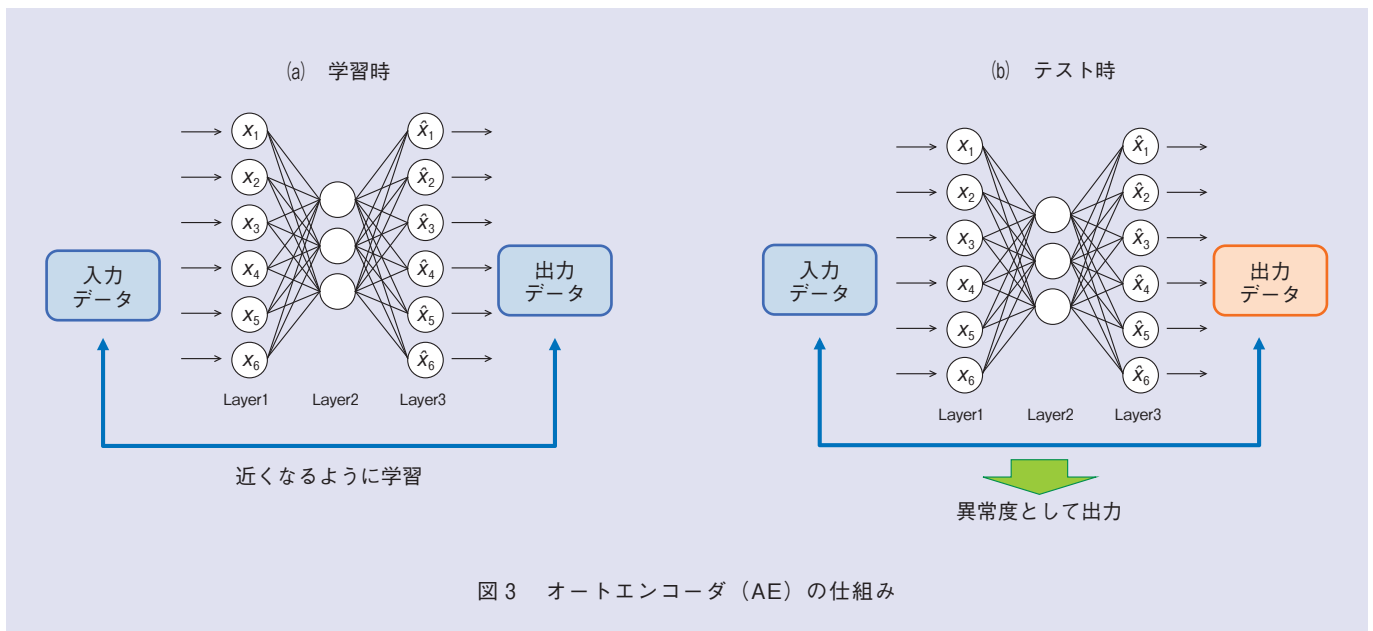


図3 オートエンコーダ(AE)の仕組み

事業会社におけるネットワーク異常検知技術の検証状況

現在、前述のネットワーク異常検知技術について、事業会社の協力の下で、テストベッドや実際のサービスから取得した運用データに基づき検証を進めており、技術の有効性検証や実用に向けた課題の抽出を行っています。本稿

では、NTTコミュニケーションズとの取り組みについて紹介します。

■技術開発部との取り組み

技術開発部では、NTTコミュニケーションズのサービス開発のための検証網としてテストベッドを運用・提供しています。また、その上で各種サービス・インフラデータを収集・解析してサービス戦略策定や障害検知に活かす

ためのビッグデータ解析基盤である Data Science Lab (DSL) の開発にも取り組んでいます。

今回はDSLに蓄積されたテストベッドの日々の運用で生成された、SNMP/MIB, NetFlow, syslog, トラブルチケット等の情報を対象に、NTTネットワーク基盤技術研究所で開発したネットワーク異常検知技術を適用し、有効性検証・実用化に向けて課題抽出を行った取り組みを紹介します。

DSLでは分析結果を再現可能とする Reproducible Analysis/Research と、基盤のコード化として、Infrastructure as Code を基本アーキテクチャとしています。現在、NTTネットワーク基盤技術研究所の異常検知技術をコンテナ化してそのインフラ上に組み込む作業を行っています。

本取り組みの中で算出した異常度の時系列変化を図5に示します。横軸は日時で縦軸は異常度となっており、テストベッド運用の中で得られたトラブルチケットを基に障害が発生した時間に縦の赤線を引いています。トラブルチケットにはサーバダウン、バグ、DoS攻撃などの各種事象が記述されており、異常度が高い時間帯と大体一致していることがわかります。

一方でトラブルチケットに記載がなくても異常度が高い時間帯もあり、本技術による検知結果と実際に起きた事象の突合を行いながら有効性検証を進めようとしています。また、このような技術を定常的にリアルタイムで動作させるためには、さまざまな実用上の課題が存在することから、本取り組みに基づき課題抽出を進め、これに対応

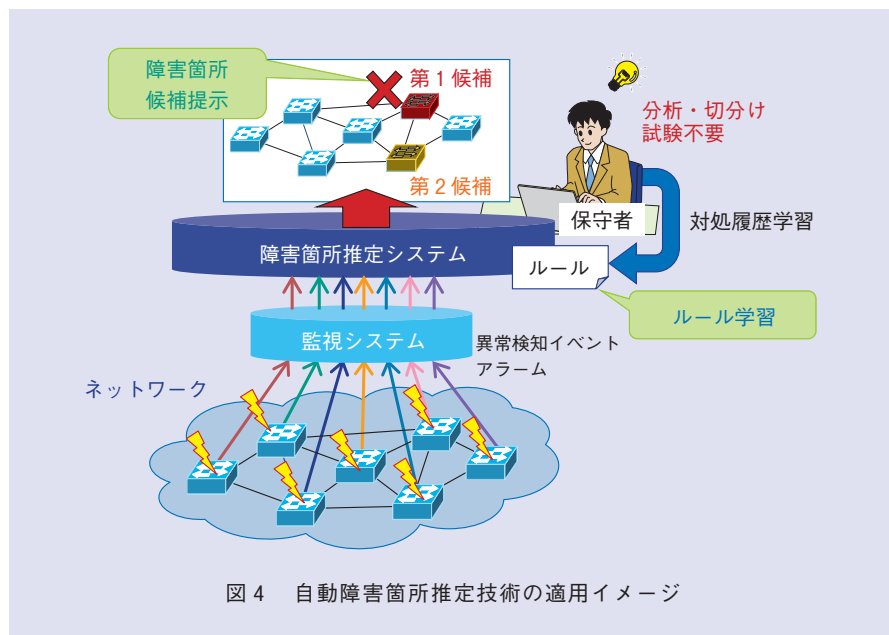


図4 自動障害箇所推定技術の適用イメージ

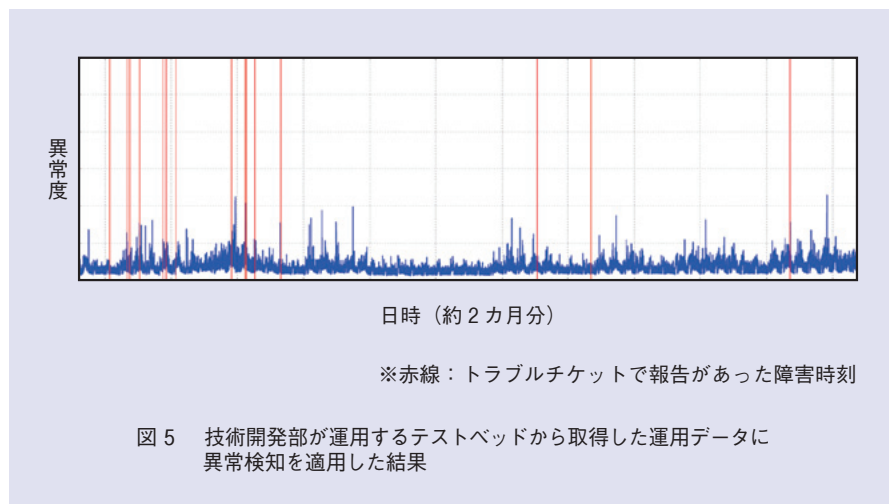


図5 技術開発部が運用するテストベッドから取得した運用データに異常検知を適用した結果

するための取り組みを進めています。

■ネットワークサービス部との 取り組み

ネットワークサービス部では、現在提供中のさまざまなネットワークサービスに対してAI（人工知能）による運用高度化に取り組んでいます。この取り組みの一環として、現在、さまざまな面で注目されており普及が進んでいるMVNO（Mobile Virtual Network Operator）サービスを対象として、本技術による異常検知の検証を進めています。具体的には、NTTコミュニケーションズが運用している商用仮想化基盤のリソースデータ（CPU、メモリ、ディスクIO使用率など）に、ネットワーク異常検知技術を適用して、特異事象の検知可能性や平常時における異常度合いの変化について検証を行いました。

検証の結果、AEによる異常度や、異常度に対するAEの入力次元の寄与度に基づき、特異事象の検知可能性を示しました。また、長期スパンで異常度が傾向を持ちながら徐々に変化する様子が観察され、システムの挙動の変化を異常度の変化としてとらえられました。その際にAEの入力次元の寄与度を算出することで、挙動の変化の要因とみられる入力次元を特定しました。加えて、システム構成の変化（アクト・スタンバイに基づく系切り替え、利用するCPU IDの変化など）やシステムの挙動の変化（CPU、メモリ、トラフィックなどの傾向の変化）に追従するための仕組みの必要性を明らかにして、これらに対応するため統計量化や再学習に関する要素技術の構築を

進めました。さらに、バージョンアップなどでシステムに変更を加えた際に、本技術により変更前後の監視パラメータの傾向の変化が分かりやすく得られるなど、システム状態可視化への応用可能性を示しました。

このように検証の中でさまざまな知見が得られています。今後は異常検知の対象となるデータ数を増加させた場合の検証や、異常検知後の解釈性の向上などを進め、本技術の実用性検証を進めるとともに、より事業環境で使いやすい技術の構築に向けた取り組みを進めていきます。

今後の展開

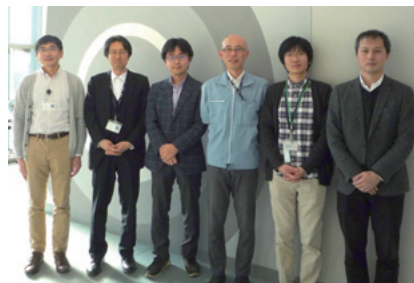
本稿では、NTT研究所のNetwork-AIに関する取り組みを紹介して、その要素技術であるネットワーク異常検知技術と自動障害箇所推定技術の概要を示すとともに、ネットワーク異常検知技術に関する事業会社との検証状況について触れました。

今後もNetwork-AIの高度化に向けた研究開発を引き続き進めます。特にネットワーク異常検知技術について、今後も事業会社との技術検証を進めてブラッシュアップを継続的に行うとともに、試作化を進めて技術を利用するための環境を整備します。また、ネットワーク異常検知技術の課題として、異常検知した際の要因の解釈性改善や多様な環境への適応などが挙げられ、これらを解決するための研究開発を継続して行います。

■参考文献

- (1) 原田・渡辺・中野・池田・松尾・小林・鈴木・川原：“プロアクティブ制御型ネットワークの実現に向けた取り組みの紹介,” 信学総

- 大, B-7-32, 2017.
- (2) 中野・池田・渡辺・石橋・川原：“オートエンコーダによるネットワーク異常検知,” 信学総大, B-7-33, 2017.
- (3) 池田・中野・渡辺・石橋・川原：“オートエンコーダを用いたネットワーク異常検知における精度向上に向けた一検討,” 信学総大, B-7-34, 2017.
- (4) 川原：“ネットワークオペレーション・制御技術の高度化に向けたAI/機械学習の活用について,” 信学ソ大, BT-2-1, 2017.
- (5) T. Kimura, A. Watanabe, T. Toyono, and K. Ishibashi：“Proactive Failure Detection Learning Generation Patterns of Large-scale Network Logs,” Proc. of CNSM 2015, Barcelona, Spain, Nov. 2015.
- (6) 池田・石橋・中野・渡辺・川原：“オートエンコーダを用いた異常検知におけるスパース最適化を用いた要因推定手法,” 信学技報, Vol.117, No.89, pp.61-66, 2017.
- (7) 糸井・矢川・大石・岡崎：“障害対応業務のナレッジ化・迅速化をめざした自動障害箇所推定技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.29, No.5, pp.60-64, 2017.



(左から) 石橋 圭介/ 鈴木 聡/
渡辺 敬志郎/ 中野 雄介/
池田 泰弘/ 川原 亮一

NTT研究所では、Network-AIに基づく保守運用の効率化・高度化に関する技術の提案を通じて、より良いサービス提供環境の整備に貢献していきます。

◆問い合わせ先

NTTネットワーク基盤技術研究所
通信トラフィック品質プロジェクト
TEL 0422-59-4349
FAX 0422-59-6364
E-mail dnn-ad-ext-ml@hco.ntt.co.jp