



## ユーザ満足度を向上させるQoE面的可視化・予測技術

NTTネットワーク基盤技術研究所

え ぎ のりつぐ いけがみ だいすけ さ た け たかし よしむら のりこ きくち しげみ  
 恵木 則次 / 池上 大介 / 佐竹 孝 / 吉村 憲子 / 菊地 繁実 /  
 たぎょう り え おかもと じゅん  
 田行 里衣 / 岡本 淳

NTTネットワーク基盤技術研究所ではスマートフォンの普及やサービスの多様化に伴い、ネットワーク品質が各通信サービスのユーザ体感品質（QoE: Quality of Experience）に与える影響を加味したQoE-centricオペレーションの実現に向けた検討を進めています。ここでは、その構成技術の1つであるQoE面的可視化・予測技術の概要および要素技術について紹介します。本技術の出力情報である可視化データをサービス提供者やユーザと連携することにより、各プレイヤーが品質向上に向けたアクションを可能とする共創品質の考え方についても紹介します。

### QoE面的可視化・予測技術

スマートフォン搭載技術の高性能化、クラウド環境の進展などにより、通信ネットワークを介する多種多様な通信サービスが提供されています。各通信サービスが必要とするネットワーク品質はさまざまであり、ネットワーク品質劣化がサービスに与える影響の大きさもさまざまです。そのため、各通信サービスがお客さまにとって快適な状態で提供されているかをネットワーク品質の監視のみから判断することが困難となっています。このような背景より、ユーザ体感品質（QoE: Quality of Experience）<sup>\*1</sup>の観点から劣化の影響を確認することで、ユーザ目線での品質の最適化が可能となります。

NTTネットワーク基盤技術研究所では、サービス提供中に監視可能なパラメータからQoEを定量化し、このQoEを最適化するような保守運用サイクルを「QoE-centricオペレーション」と称し、本サイクルの実現に向けた4つの構成技術（①QoE定量化、②QoE測定・収集、③QoE分析・予測、④QoE制御）に對

する研究開発を進めています<sup>(1)</sup>（図1）。

①QoE定量化では、QoE関連情報（QoEに影響するネットワーク情報やユーザの利用環境、端末状態）とQoEとの対応関係を導出します。②QoE測定・収集では、QoE関連情報を測定し、品質データベースに収集します。③QoE分析・予測では、収集したQoE関連情報に対して、分析や①QoE定量化によ

り、劣化の影響範囲をQoEベースで可視化します。さらに、劣化の予兆検知、劣化要因分析による保守運用支援を図ります。最後に④QoE制御では、ネットワークリソースの最適割当やポリシー制御・配信制御などによって、QoEの最適化を図ります。

ここでは、③QoE分析・予測パートの技術であるQoE面的可視化・予測技術

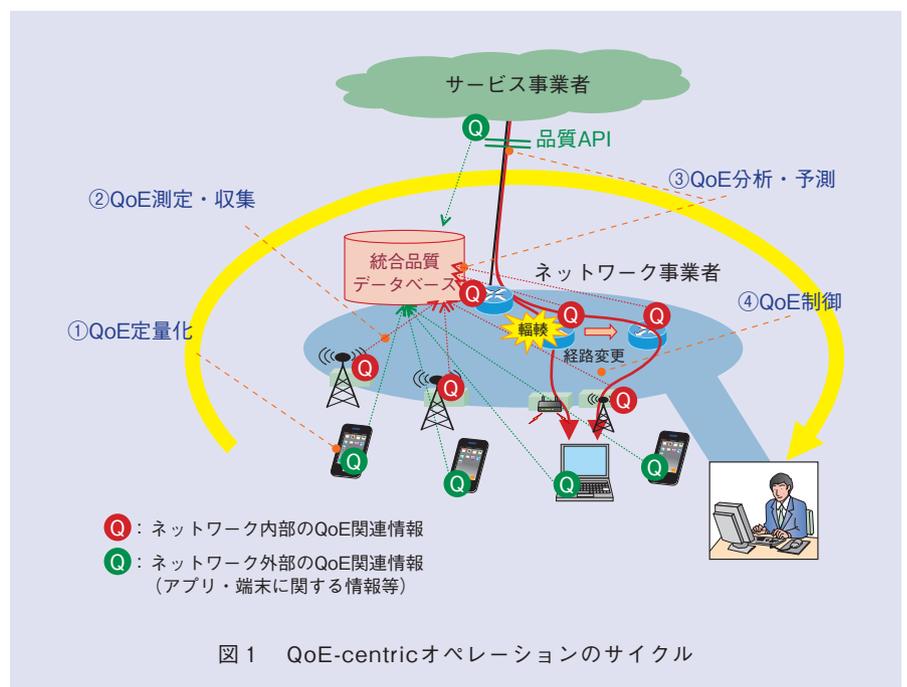


図1 QoE-centricオペレーションのサイクル

\*1 ユーザ体感品質：通信サービスを利用するユーザが体感する品質。

について紹介します。

## QoE面的可視化・予測技術を構成する技術

QoE面的可視化・予測技術は、端末やネットワーク機器から収集可能なQoEに影響を与える端末情報、無線受信品質、ネットワーク品質などのQoE関連情報を収集したデータ（収集データ）について、時間帯やエリアごとに収集データを分析することにより、QoE劣化状態や時間経過に伴う変化を地図上に可視化します。さらには、収集データのうち時系列で変動するQoE関連情報については、その将来値を予測することにより将来のQoEを予測します。

本技術の実現に向けた要素技術として、①データ補間技術、②QoE推定技術、③時系列予測技術の3つのNetwork-AI技術の検討をしています（図2）。まず、クラウドソーシングなどのアプローチにより、通信サービスのQoE関連情報を測定・収集した収集データを入力とします。このとき、収集データの取得アプローチによってはあらゆる時間帯やエリ

アのデータを十分に取得することが困難な場合が想定されます。そこで①データ補間技術では、十分にデータを収集できなかったエリアについては、周辺エリアとの関係に基づき該当エリアのデータ補間を行います。

次に②QoE推定技術では、収集データとQoEとの対応関係を分析により導出し、時間帯ごとの各エリアの収集データもしくは補間されたデータを入力としてQoEを算出することにより、各時間帯のQoEの地図上での可視化を実現します。このようにしてQoEの面的可視化を実現することにより、QoEの観点から優先的に対処すべきエリアの特定が視覚的に可能となります。

さらに③時系列予測技術では、ネットワーク品質のような時系列で変動するQoE関連情報について、時系列の変動傾向を過去のデータから学習することで将来値を推定します。この推定値を入力として先ほどのQoE推定技術を活用することで、将来のQoE可視化を実現し、将来のリスク検知につなげます。

### ■データ補間技術

データ補間は、収集データの各QoE関連情報の特性や周辺エリアとの類似性を考慮して行われます。

QoE関連情報がトラフィック増加に伴う混雑の影響を受けて変動するパラメータの場合、混雑の影響を受ける範囲内（例えば、基地局の特定のセクタ<sup>\*2</sup>配下など）にある全端末が、混雑の影響を受けることになります。また、トラフィック量は時間経過により変動します。このことから、一定の時間およびエリアごとに該当するパラメータを用いて、その特性を表す値（平均値など）を算出します。このときに、標本数が不十分で値が算出できないエリアに対して、より広範囲のエリアの空間相関パターンを分析し、複数の方向からの変動傾向を加味したデータ補間を実現します（図3）。ここでは、所望のデータ補間を実現する1つの方法としてグラフフーリエ変換<sup>\*3</sup>を用いたデータ補間を適用しています。

\*2 セクタ：1つの基地局から電波が届く範囲を示すセルに対して、複数に分割した単位。

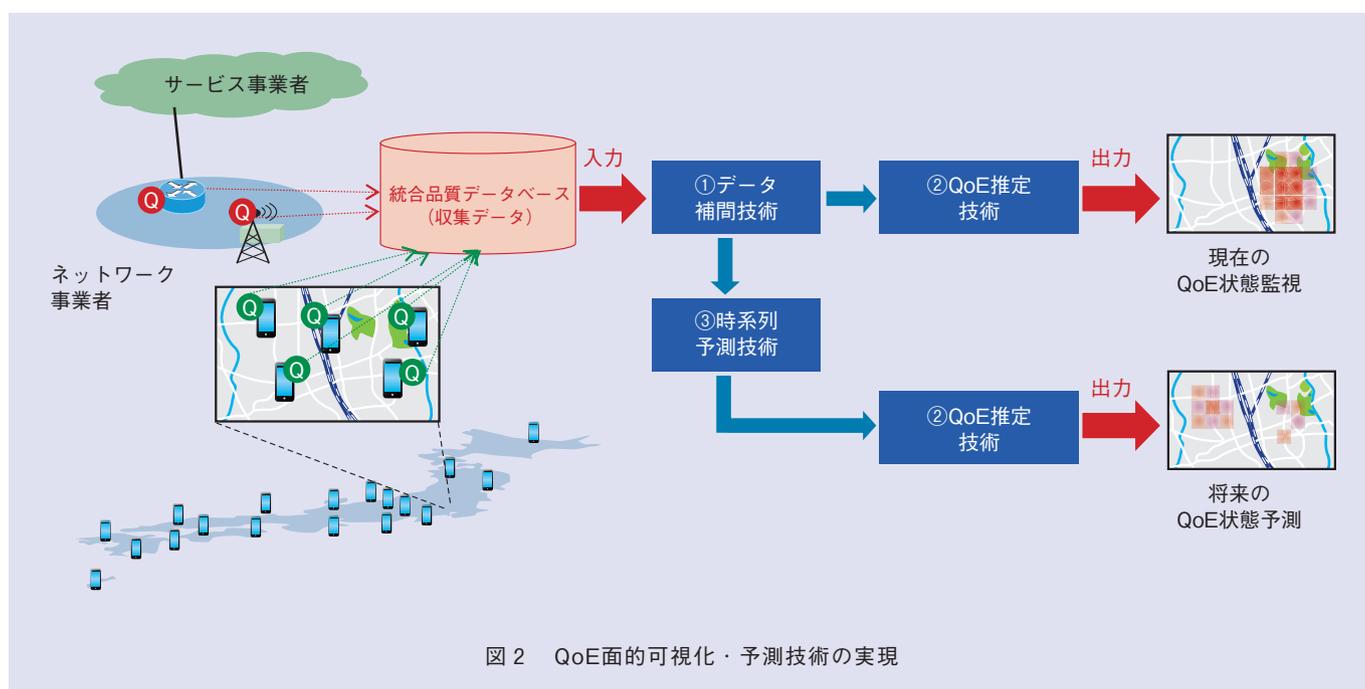


図2 QoE面的可視化・予測技術の実現

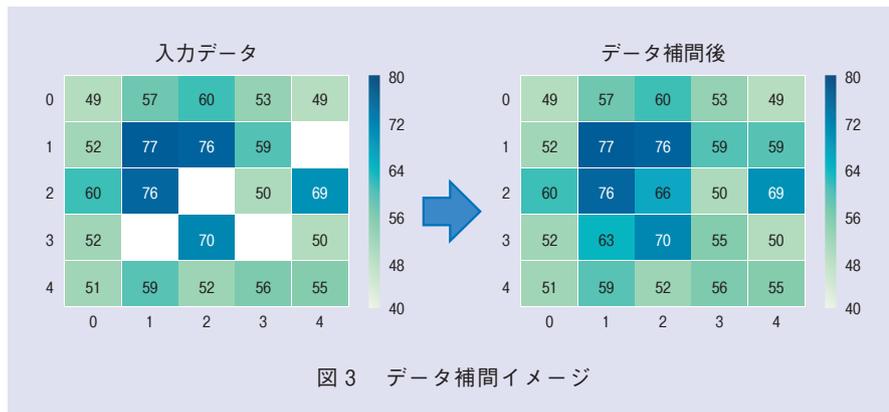


図3 データ補間イメージ

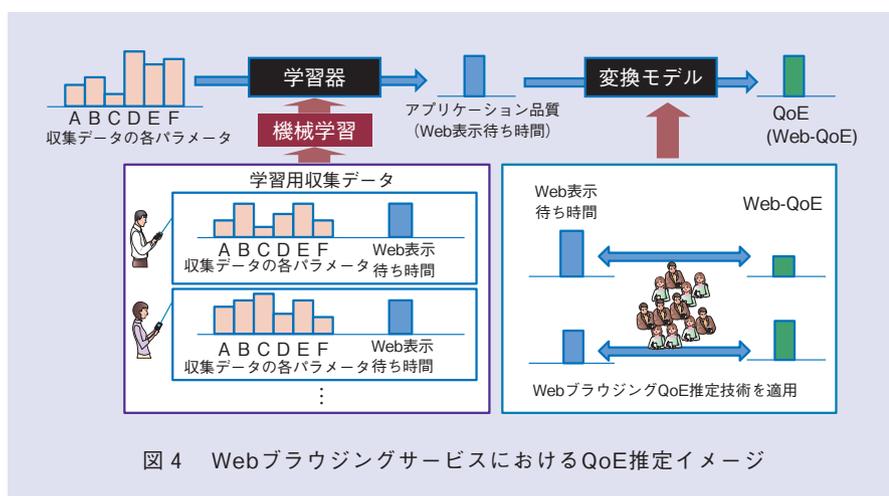


図4 WebブラウジングサービスにおけるQoE推定イメージ

一方、無線強度のようなパラメータの場合は、時間経過による変動はほとんどないものの、同一セル配下において基地局と端末との位置関係や端末周辺の建物の有無により値が変化するため、より細かいエリア粒度でパラメータを定量化したうえでデータ補間を行う必要があります。このように、対象とするパラメータの特性を考慮して適切な時間やエリアの粒度を決定し、データ補間を行うことが重要です。

#### ■QoE推定技術

QoE推定は、収集データに含まれるパラメータと通信サービス利用時におけるQoEとの関係に基づきQoEを推定します。両者の関係を導出するにあたり、2

つのステップに分けてその関係を導出します(図4)。

1番目は、収集データとアプリケーション品質との関係です。これは収集データの各パラメータとその環境下において実現されるアプリケーション品質との関係を明らかにします。アプリケーション品質とは、各サービスのQoEに影響を与えるアプリケーションレイヤでの要因であり、例えばWebブラウジングであればWeb表示までの待ち時間が、映像配信であれば映像再生レートや再生停止時間などがこれに該当します。あるユーザ端末においてアプリケーション品質が低下した場合の要因として、無線受信強度が弱い、干渉雑音が大きい、トラフィックの輻輳、サーバや端末の負荷状態、端末機種による無線伝送方式

の違いなどのように多くのことが考えられます。両者の関係を導出するために、収集データの中からこれらの影響を定量的に示すことが可能なパラメータの抽出、および機械学習を用いた入出力モデルを導出します。

2番目は、対象とするサービスについてQoEに影響を与えるアプリケーション品質とQoEとの関係です。この関係性を人間の知覚・認知特性を解明することにより明らかにします。そのための手段として、主観品質評価実験の実施<sup>2)</sup>や、サービス利用時におけるアンケートの実施などにより両者の関係を示すデータを取得し、その特性を解明することで変換モデルを生成します。

#### ■時系列予測技術

時系列予測は、収集データのうち時間の経過とともに変動するパラメータの時系列変動特性を解明し、近い将来の値を予測します。

クラウドソーシングなどによりデータを取得する場合には、さまざまな端末から離散的にデータを取得するため、1つひとつのデータの時間変動をみることはできません。そのため、特定のエリアや時間帯における対象パラメータの発生分布に基づいたマクロ特性を定量化し、この定量化に対する時系列変動特性を解明します。

### QoE面的可視化・予測技術の活用例

QoEをベースとした地図上での可視化により、ユーザ体感品質の観点で劣化しているエリアの把握を可能とし、限られたリソースの中でQoEの最適化を実現するために優先的に対処すべきエリアの特定が可能となります。

また、このような可視化情報をネットワーク運用に活用するだけでなく、ネットワークを介してサービス提供するミドルBやサービスを利用するユーザと連携することによる共創品質の実現をめざし

\*3 グラフフーリエ変換：グラフスペクトル領域(空間パターンを表す)に変換する方法。

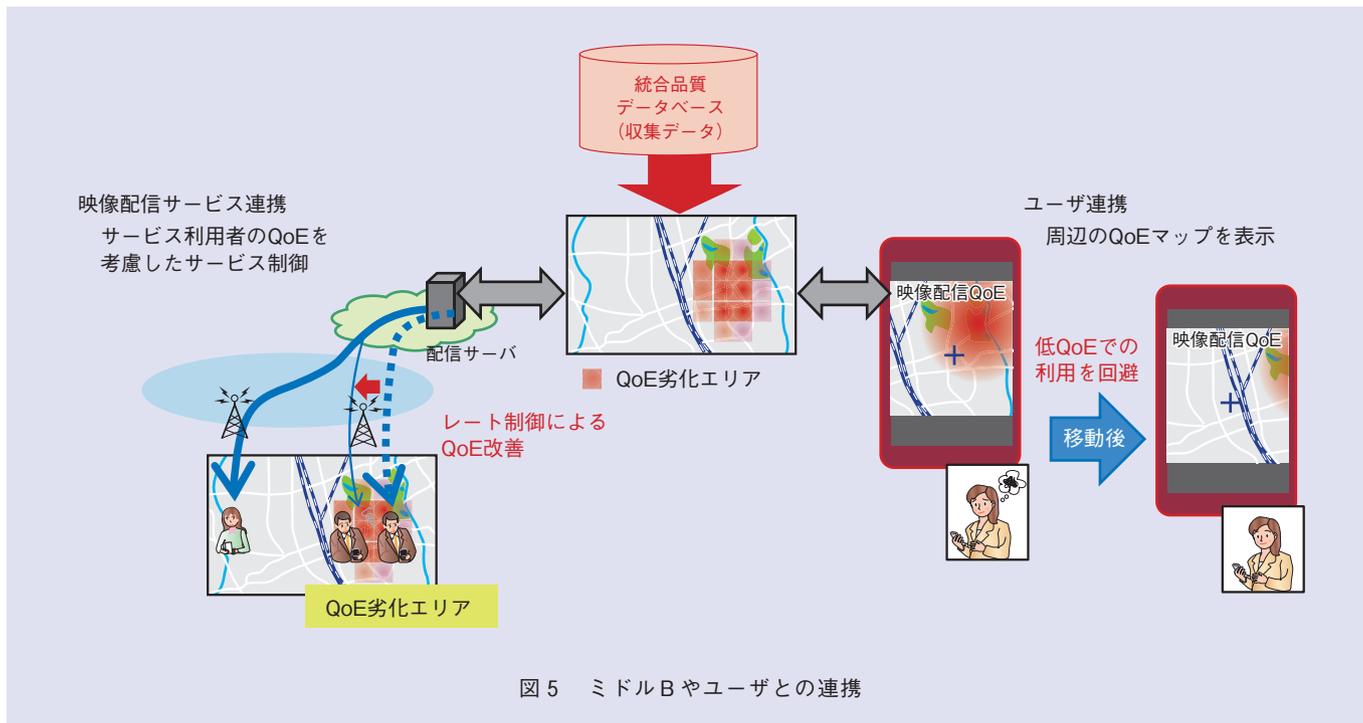


図5 ミドルBやユーザとの連携

ます(図5)。ミドルBやユーザから提供されるQoE関連情報も活用することでより精度の高いQoE可視化情報を生成し、この情報をミドルBやユーザに展開します。ミドルBはサービス利用ユーザのQoEを事前に把握することにより、最適なサービスパラメータ設定やユーザへの事前通知などによるサービス価値の向上を実現します。ユーザも利用環境のQoEを把握することにより、高いQoEで実行可能なアプリケーションの選択、所望サービス利用に向けた行動を促します。このようにして、通信事業者、ミドルB、ユーザの皆でQoE品質向上に向けた対応を進めていきます。

## 今後の展開

ここでは、QoE面的可視化・予測技術のコンセプトと併せて、必要な要素技術について紹介しました。これまでは、ネットワーク情報に基づいたネットワークの価値向上を進めていましたが、私たちはサービス提供者やユーザと深く連携することにより3者にとってwin-

winとなるネットワークの構築をめざしています。今後は、面的可視化・予測技術の実現によるミドルBやユーザへの効能分析を進めていくことで技術に求められる要求仕様を明確化し、ネットワークにかかわるプレイヤー全体でのネットワーク価値向上をめざします。

### 参考文献

- (1) 林：“ユーザ体感品質を最適化するQoE-centricオペレーション,” NTT技術ジャーナル, Vol.27, No.7, pp.16-19, 2015.
- (2) <http://www.ntt.co.jp/qos/technology/sound/02.html>



(上段左から) 吉村 憲子/ 菊地 繁実/  
恵木 則次/ 佐竹 孝  
(下段左から) 田行 里衣/ 岡本 淳/  
池上 大介

私たちは、ネットワークという枠組みの中に閉じてQoE最適化を図るだけでなく、サービス提供者連携やユーザ連携を通じてのQoE向上効果の差異化を実現することにより、NTTのネットワーク価値を向上させることをめざしています。

### ◆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 0422-59-4008  
FAX 0422-59-6364  
E-mail noritsugu.egi.bn@hco.ntt.co.jp