

エリア品質情報を活用した 通信品質改善の自動化

Using Area Quality Information to Automate Improvement of Communication Quality

● 井沢 泰成 ● 品田 優貴 ● 浜田 裕

あらまし

移動体通信事業者が顧客満足度を向上させるためには、通話時の音声品質やデータ通信時のスループットなどの通信品質の改善が重要である。通信品質をより高めるために、移動体通信事業者はエリアの電波強度や雑音量、時間帯ごとの混雑状況などのデータを収集・分析して、既存基地局のチューニングや、新しい基地局の設置などによるネットワークの改善を図っている。データの収集・分析と通信品質の改善策立案は、人の労力や経験、知識に頼っており、これが効率的で迅速な通信品質の改善を阻んでいる。富士通は、エリア品質収集分析システムの開発によって、一連の作業を遠隔操作で自動化し、これまで人の労力に頼っていた作業の効率化に取り組んできた。更に、人の経験や知識が不可欠である分析・改善策の立案作業を自動化するためには、機械学習技術の適用が有効であると考えた。これに対して、機械学習技術の手法の一つである決定木アルゴリズムを用いて、人の経験や知識から導かれていた通信品質劣化の要因を抽出できることを確認した。

本稿では、通信品質改善の自動化に関する富士通の取り組みについて述べる。

Abstract

For mobile network operators, it is important to improve the quality of voice calls and data communication throughput to boost customer satisfaction. To enhance their communication quality, mobile network operators improve their networks by gathering and analyzing data on the signal strength, noise levels, and hours of congested traffic in their network areas and tuning existing base stations and installing new base stations. So far, human efforts, experience, and knowledge have been the key driver in this gathering and analysis of data as well as the development of measures to improve communication quality, and this has been an impediment to efficient and swift improvement of communication quality. Developing a system to gather and analyze data on coverage area quality, Fujitsu has automated series of tasks via remote control and has worked to improve the efficiency of tasks that up until now relied on human efforts and judgments. We considered machine learning technology to be effective for automating the planning of analyses and improvements, to which human experience and knowledge were indispensable. For this, using the decision tree algorithm, one of the methodologies of machine learning, we were able to verify that the system could extract the factors causing data transmission quality to deteriorate, which previously relied on human efforts. This paper will describe this automation of the communication quality improvement processes pursued at Fujitsu.

ま え が き

移動体通信事業者（以下、事業者）にとって、無線ネットワークの通信品質向上が重要な課題となっている。ここで通信品質とは、通話時の音声品質、データ通信時のスループットなどを指す。

例えば、J.D. パワーが実施した2017年日本携帯電話サービス顧客満足度調査⁽¹⁾において、3大事業者の顧客満足度に対して最も影響力が高い要素は、通信品質であることが示されている。また、総務省が行った電気通信市場検証会議の報告⁽²⁾から、MVNO（Mobile Virtual Network Operator）の通信品質に対する不安が3大事業者からMVNOへの移行の抑止力となっていることが確認できる。

事業者は、通信品質を向上させるために品質に関係するデータ（エリアの混雑状況や電波の強さ）を収集・分析し、改善策を立案している。そして、通信品質の改善が必要なエリアに対して、新しい基地局の設置や、既存基地局の電波の送信角度の変更などのチューニングを行い、通信品質を高めている。

通信品質に関係するデータは、主にネットワークを構成する装置からの収集に加えて、測定器を搭載した車による走行調査、および測定器をもった調査員による歩行調査によって収集する。データの分析では、集めたデータを担当者が確認し、過去の事例や自身の経験に基づいて通信品質が劣化している場所や状況、要因を特定する。改善策の立案では、分析によって特定した要因への対応を立案し決定する。

通信品質を高めるための一連の作業（データの収集・分析、改善策立案）は、人の労力や経験、知識に頼る部分が多く、これが効率的で迅速な通

信品質の改善を阻んでいる。これに対して、富士通はエリア品質収集分析システムを開発し、通信品質を高める一連の作業を遠隔操作によって自動化することで、効率的な通信品質の改善を実現した。

本稿では、エリア品質収集分析システムの開発とその特長について述べる。

通信品質改善のためのデータ収集

通信品質を改善するためには、エリアの状況を把握するためのデータ、および改善の手掛かりとなるデータを収集する必要がある。主要なデータには、表-1に示すトラフィック情報とフィールド品質情報がある。

トラフィック情報は、通信エリアを構成する無線基地局が取得している。エリアの混雑状況などを把握するために、ネットワークの保守監視システムにこれらのデータを蓄積する仕組みが従来から構築されている。

フィールド品質情報は、エリア内の各地点の通信品質を把握・分析するために収集される。これらのデータは、測定器を搭載した車や、測定器を持った調査員による歩行調査によって収集していた。しかし、人手で全国各地から網羅的にデータを収集する手法には、時間とコストがかかるという問題があった。

そのため、各事業者はデータを自動収集する効率的な仕組みを構築している。例えば、NTTドコモはドコモスピードテストアプリ⁽³⁾を提供することで、一般ユーザーのスマートフォンなどから通信速度や受信電波の品質に関する情報を収集している。KDDIは、エリア品質情報送信機能⁽⁴⁾を使って、音声通話やデータ通信における電波状況

表-1 通信品質改善に必要なデータ

分類	主要データ	内容
トラフィック情報 (ネットワーク側の装置で取得)	通信量	時間帯ごとに接続処理を行った通信の回数（上り・下り）
	データ量	時間帯ごとに接続処理を行った通信データの量（上り・下り）
	イベント情報	接続回数、ハンドオーバー実施数、成功回数、失敗回数
フィールド品質情報 (各端末で取得)	電波強度	無線基地局から受信する電波の強度
	干渉量	周辺電波からの干渉量
	雑音量	受信信号に含まれる雑音量
	通信速度	単位時間あたりに転送したデータの量（上り・下り）

などをユーザーから収集している。ソフトバンクグループは、「ラーメンチェッカー」や「防災速報」などのアプリによってユーザーに有益な情報を提供すると同時に、ユーザーの位置と通信の成否に関する情報を収集し、通信品質の改善に活用していることを公表している。⁵⁾これらの方法は手軽ではあるが、測定器で収集した情報と比べると、エリア改善の手掛かりを得る上で必要な基地局と端末間の制御メッセージと、その送受信のタイミング、および送受信が行われた際の電波強度などの情報が不足している。

富士通は、スマートフォン開発で培った技術を活用して、従来測定器で収集していたものと同等の通信品質情報を収集する市販のスマートフォンをベースとしたモニタ端末を開発した。通信品質情報をこのモニタ端末で収集することにより、効率的なデータ収集が可能になった。また、モニタ端末を遠隔制御することで、品質改善に必要な詳細データを自動で収集するエリア品質収集分析システムも開発した。このシステムを利用して、車や電車などの移動体に設置したモニタ端末からデータを自動的に収集することによって、移動中のフィールド品質情報を効率的に集めることができる。

収集データの分析

本章では、収集データを分析する作業の概要と、作業を自動化するための取り組みについて述べる。

● データ分析の概要

通信品質の改善には、集めた大量のデータの分析が必要となる。このデータ分析によって、以下に挙げる三つを特定する。

(1) 改善すべき場所

エリア品質収集分析システムでは、改善すべき場所とその場所をカバーしている無線基地局を特定する機能を提供している。本機能によって、測定情報(電波状況、通信速度など)を地図上にプロットすることで、通信品質が劣化している場所を視覚的に確認できる。また、無線基地局の設置位置やカバーエリアの情報と照合することで、その場所をカバーしている無線基地局も特定できる。

(2) 発生状況

無線基地局とスマートフォンなどのモバイル端末間でやり取りされている無線の制御メッセージの種類やその内容から、通信品質劣化が発生している状況を特定する。制御メッセージの種類やその内容には規則性があり、正常な動作と比較することで異常な動作を検出できる。ハンドオーバー動作時の正常な動作と異常な動作を図-1に示す。異常な動作では、「ハンドオーバー実施応答」の制御メッ

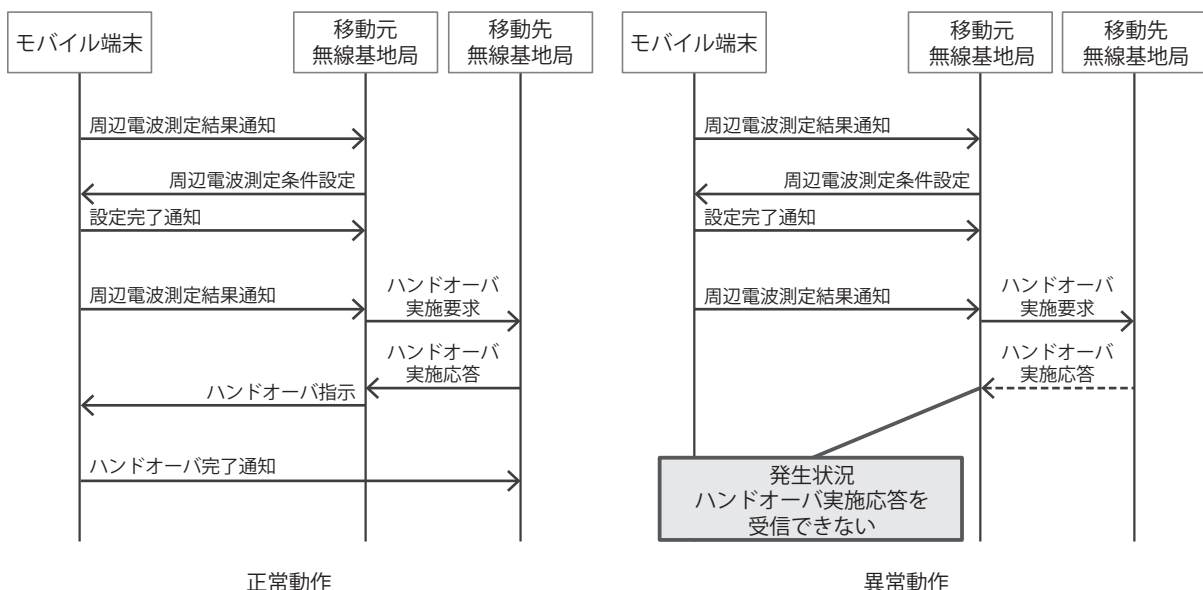


図-1 異常動作の検出例

セージが移動元無線基地局に届いていないため、ハンドオーバに失敗している。このような、正常な動作との差分を通信品質劣化の発生状況として特定する。

(3) 発生要因の特定

通信品質の劣化に強く影響する要素（電波強度、干渉量、雑音量など）をフィールド品質情報から見つけ、そのときの値も抽出して、通信品質の劣化がなぜ起こったのかを確認する。影響する要素は一つだけでなく、複数の場合もある。また、移動通信ネットワークを構成する無線基地局の場所や電波の送信方向、アンテナ角度なども地域によって異なる。このため、通信品質の劣化が発生する際にそれぞれの要素が示す値に差分がある。こうした地域による差分に加えて、時間帯ごとの混雑状況などもそれぞれの要素がとる値に影響を与える。

通信品質劣化に影響する要素と各要素が取る値、変化状況の組み合わせは膨大な数となる。しかし、その中から実際に通信品質劣化に影響する組み合わせを特定する手法は確立されておらず、プログラムとして記述することは困難である。そのため、従来は各地域の担当者が過去の経験・知識を基に発生要因を特定してきた。これに対して、富士通は発生要因を自動的に特定するために、人の経験や知識のシステム化を検討し、機械学習技術を活

用することとした。

● 機械学習による分析への取り組み

通信品質が劣化する事象の一つである再接続の発生要因の分析に対して、機械学習技術を活用し、その有効性を検証した。

モバイル通信では、無線基地局からの距離が離れるなどによって電波状況が悪くなった場合に、より電波状況の良い基地局に通信を切断することなく切り替えるハンドオーバが発生する。しかし、何らかの要因によって、ハンドオーバが起らなかった場合、一度通信を切断し電波状況の良い無線基地局に再接続する。この場合、通話の途切れやスループット低下が生じるため、改善すべき問題の一つとして位置付けられている。

この問題に対しては、再接続の発生に強く影響する要素と発生時に要素がとる値、変化状況のパターンを機械学習技術によって見つけることができれば、発生要因の特定を自動化できると考えた。そこで、これらの関係性を抽出する方法として、決定木アルゴリズムを活用した。

決定木アルゴリズムは、二つの事象を分類する際によく利用される分類のアルゴリズムであり、要素とそのしきい値の組み合わせを条件としてデータを分類する（図-2）。

今回は、分類する二つの事象を再接続あり・再接続なしとして、それぞれの事象におけるデータ

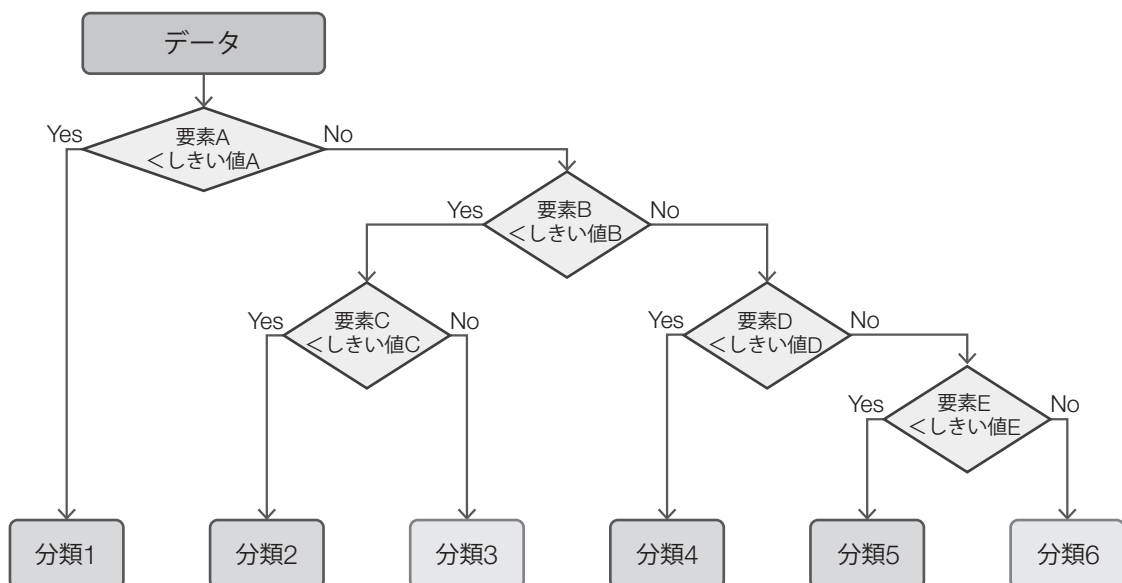


図-2 決定木イメージ

を用意した。分類条件である要素には、再接続の発生に影響するフィールド品質情報を当てはめ、しきい値には再接続が発生した場合の値を当てはめた。これによって、再接続時に影響する品質情報と再接続時の値の組み合わせを抽出した。

機械学習の有効性の確認は「データの事前加工」「学習モデルの作成」「学習モデルの検証」の順で行っており、以下に順を追って説明する。

(1) データの事前加工

測定データを学習しやすいように適切に加工する工程である。決定木アルゴリズムの適用に合わせて、再接続あり・再接続なしのそれぞれの場合のデータ量を調整し、同数にした。また、フィールド品質情報内における各品質情報間の相関関係を抽出する方法として、分類条件である要素に、例えば受信電波と干渉という、二つのフィールド品質情報を掛け合わせた要素を追加した。

(2) 学習モデルの作成

加工したデータと決定木アルゴリズムを使って学習モデルを作成する工程である。作成した学習モデルから、分類条件である要素とそのしきい値の組み合わせを抽出できる。例えば、図-3に示す実際に作成した学習モデルを例に挙げると、一番

左の分類は、実際に90%の確率で再接続が発生していることから、再接続の3秒前からSINR (Signal-to-Interference plus Noise power Ratio) が小さくなっていることが再接続に強く影響していると分かる。干渉または雑音が大きい場合にはSINRは小さい値をとるため、接続地点で強い干渉があり、それが再接続の原因の一つになっていると推定できる。そのため、干渉または雑音を減少させる対策の検討が有効であると考えられる。

(3) 学習モデルの検証

学習に使用していないデータ(テストデータ)が、生成した学習モデルを用いて想定どおりに分類できることを確認する工程である。

例えば、テストデータとして「3秒前からのSINR平均値が3、1.5秒前からのSINRの変化量が0.05、4.5秒前からのRSRQ (Reference Signal Received Quality) の変化量が1.2」であるデータを用意し、学習モデルによってどこに分類されるか確認する。このテストデータは分類2に分類され、想定どおりに再接続ありと識別できる。このように、学習に使用するデータとテストデータを9:1程度の割合で用意し、学習モデルの検証を行う。

以上述べたように、機械学習におけるデータの

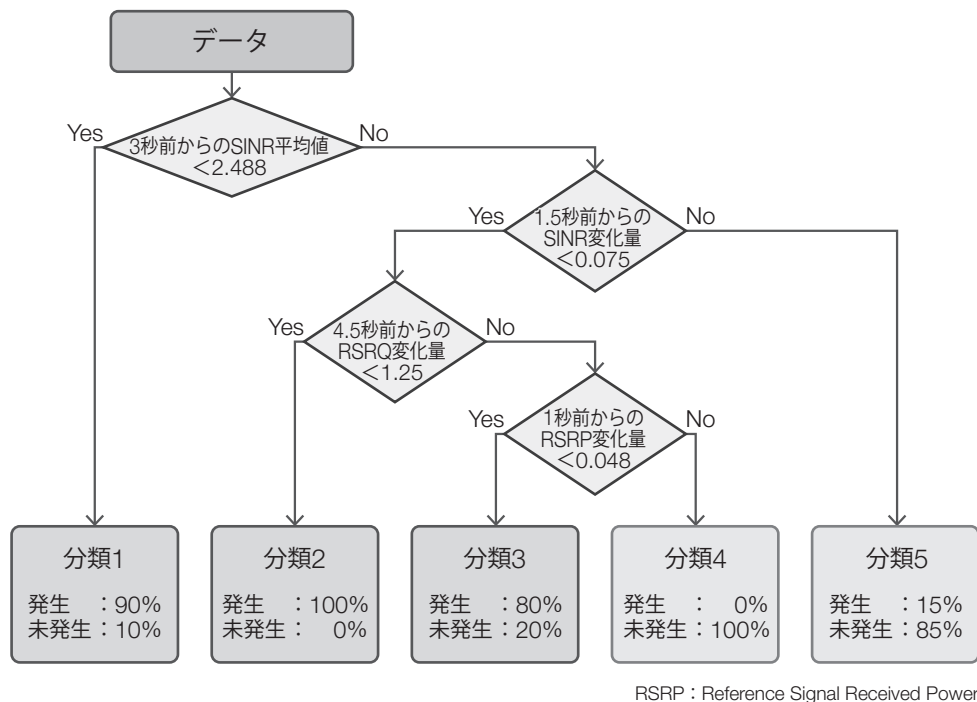


図-3 再接続時の決定木モデル

事前加工と学習モデルの生成をシステム化することで、発生要因の特定が自動化できる。

改善策の立案

通信品質の改善は、品質劣化の根本的な原因を解消する作業である。具体的には、無線基地局から送信する電波の向きや強さの変更、新しい無線基地局の設置、不要な基地局の撤去などを行う。

無線基地局の場所や電波の送信方向、アンテナ角度などが地域によって異なるため、どのような方法を採用するかは各地域の担当者が過去の経験・知識を基に複数案の改善策を抽出する。それぞれの案を実際に試すことで、どの改善策が有効か検証する。

この作業を自動化する上で、改善策の立案を担当者の経験・知識に頼らない作業にすることが必要である。富士通では、通信品質劣化の発生要因の特定と同様に、機械学習技術を活用することによって効果の高い改善策を抽出し、効率的に改善できると考えた。

その実現方法の一つとして、通信品質の改善策を実施した際に、品質劣化の要因と改善策の関係を学習させ、新たな品質劣化が発生した際に類似した過去のケースを見つける方法を検討している。データの関係性を抽出し、類似したデータを見つける技術としては、機械学習技術のクラス分類やクラスターリングが一般的に知られている。富士通は、これらの技術を通話品質の改善にも活用できると考えており、今後検証する予定である。

将来展望

通信品質改善の自動化に向けて、パラメーターの変更などを自動化する仕組みを無線基地局に実装する必要がある。自動変更の内容としては、システムパラメーターなどのソフトウェア上の変更や、従来人の手で調整していたアンテナ角度などの物理的な変更が考えられる。

また、改善策を実施した後に通信品質を確認し、改善結果の検証までを自動化することで、複数の改善策があった場合でも最も良い改善策を適用でき、データ収集から改善までの通信品質の完全自動化を実現できる。

更に、リアルタイムな通信品質向上に向けて、通信品質の現状把握から通信品質劣化の検知、要因

分析、改善までの処理をその地域に閉じたネットワーク内で完結することにより、スピーディな通信品質改善を目指している。これを実現する技術として、モバイル端末により近い位置でデータを処理するMEC (Multi-access Edge Computing)⁽⁶⁾の活用を考えている。

む す び

本稿では、富士通が開発したエリア品質収集分析システムによる、通信品質改善の自動化への取り組みについて述べた。

将来的には、通信品質の改善自動化に加え、人の流れを考慮した無線リソースの割当量の自動調整や、大容量の通信、低遅延が求められる通信など、サービスの要件に合わせた最適なネットワークの自動運用を実現していく。これによって、ストレスフリーな通信・サービスや災害発生時のサービスの継続、問題検知、改善といった保守などを含めた運用について、人の手を全く介さない自動運用ネットワークを創り上げていく。

参考文献

- (1) J.D. パワー：2017年日本携帯電話サービス顧客満足度調査。
http://japan.jdpower.com/sites/default/files/2017_japan_mobile_phone_service_satisfaction_j_fl.pdf
- (2) 総務省：電気通信市場検証会議（第4回，第8回）。
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/denkitsushin_shijo/index.html
- (3) NTT docomo：ドコモスピードテストアプリ。
https://www.nttdocomo.co.jp/support/area/speed_test/
- (4) au：エリア品質情報送信機能。
<https://www.au.com/mobile/area/extend/research/>
- (5) SoftBank：経営陣ファイル 2013年。
https://www.softbank.jp/corp/news/sbnews/director/2013/20130718_01/
- (6) 富士通：エリア内の通信を効率化するマルチアクセスエッジコンピューティング。FUJITSU JOURNAL。
<http://journal.jp.fujitsu.com/2018/04/06/01/?page=2>

著者紹介



井沢 泰成 (いざわ やすなり)

富士通（株）
共通開発本部
無線通信品質改善システムの研究開発
に従事。



品田 優貴 (しなだ ゆうき)

富士通（株）
ネットワークプロダクト事業本部
無線通信品質改善システムの研究開発
に従事。



浜田 裕 (はまだ ゆたか)

富士通（株）
ネットワークプロダクト事業本部
無線通信品質改善システムの研究開発
に従事。