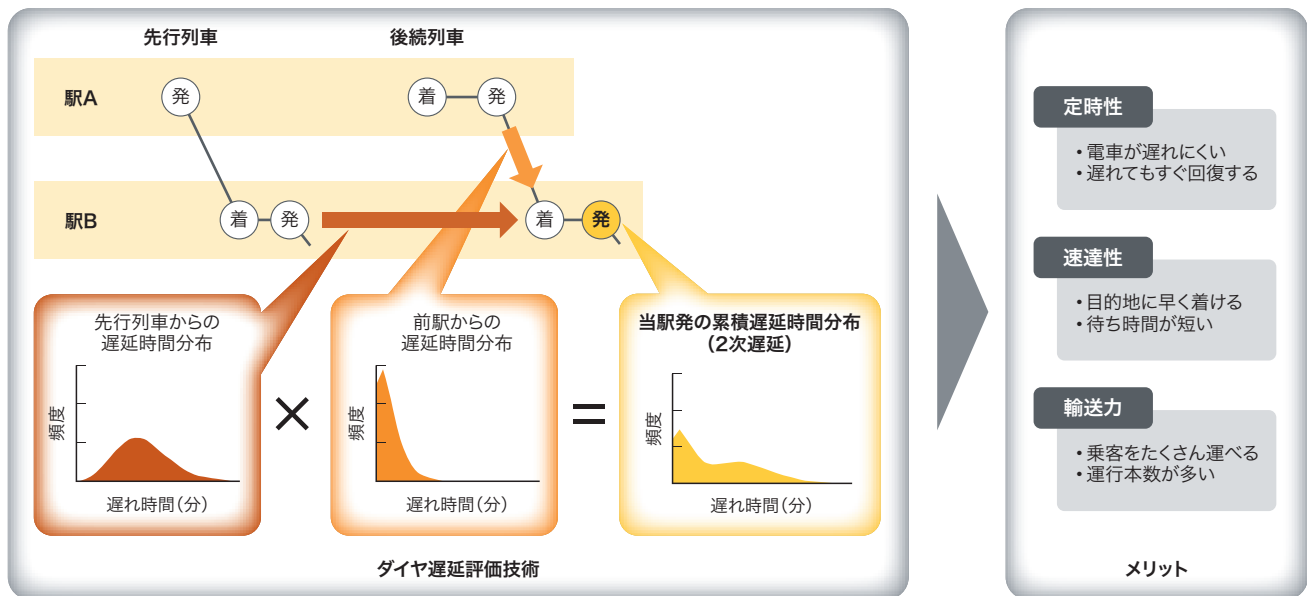


## 鉄道事業者向けのダイヤ遅延評価技術

研究開発  
AI・デジタル技術



### 鉄道ダイヤの2次遅延評価のメリット

Advantages of evaluation of secondary delay time from train schedule

近年、鉄道の遅延が社会問題化しており、特に、後続列車への遅延が累積して生じる2次遅延が問題となっている。大きな2次遅延はまれにしか発生しないが、一度発生するとダイヤが大きく乱れるため、列車遅延リスクをあらかじめ正確に評価・予測してダイヤどおりに列車を運行することは、鉄道事業者にとって重要である。しかし、遅延シナリオを想定して何度もシミュレーションを繰り返す従来手法では、まれにしか発生しない大きな2次遅延を正確に評価・予測するために、膨大なシミュレーションを行う必要があり、短時間での評価の実現が課題であった。

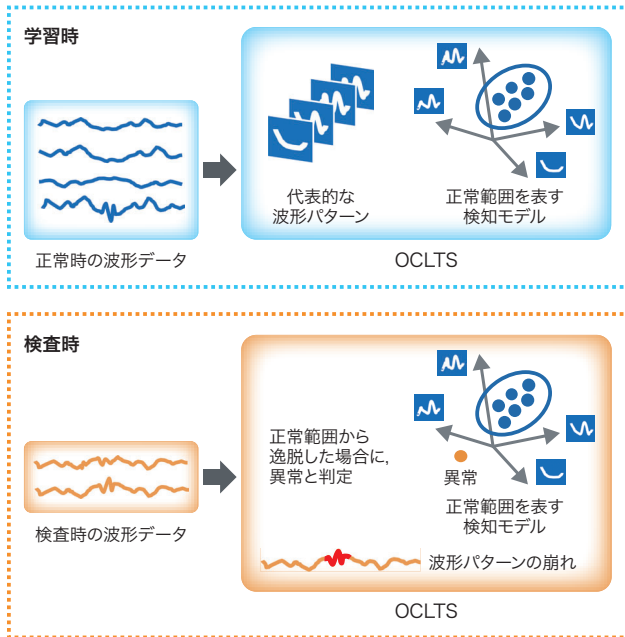
この課題を解決するため、鉄道事業者が2次遅延に強いダイヤを作成するための基本技術として、全列車の2次遅延確率分布を高速に計算するダイヤ遅延評価技術を開発した。開発した技術は、実際の運転パターンやダイヤの発着時刻の情報を基に確率伝搬モデルを作成し、そのモデルに実際の運行実績を学習させることで2次遅延確率の計算精度を向上させている。更に、2次遅延確率の確率分布関数を直接扱うことで、従来手法で必要であった膨大なシミュレーションを行わずに2次遅延確率を計算できる。

実際の運行ダイヤに基づく性能評価では、全ての列車と駅の2次遅延確率分布の計算が、1秒未満でできることを確認した。これにより、大規模・過密ダイヤでの列車遅延リスクを低減しつつ、乗客の利便性と満足度を向上させ、鉄道会社の経営効率改善につながる運行計画が作成できる。

このダイヤ遅延評価技術が評価され、三井物産(株)との連携により、2019年9月に英国の鉄道会社Greater Angliaとの鉄道運行計画作成のプロジェクト合意がなされた。

研究開発センター、東芝デジタルソリューションズ(株)、東芝デジタル&コンサルティング(株)

## ■ 正常時の波形データだけで異常を検知する高い説明性を備えたAI技術 OCLTS



### OCLTSの概要

Outline of fault diagnosis method using one-class learning time-series shapelets (OCLTS)

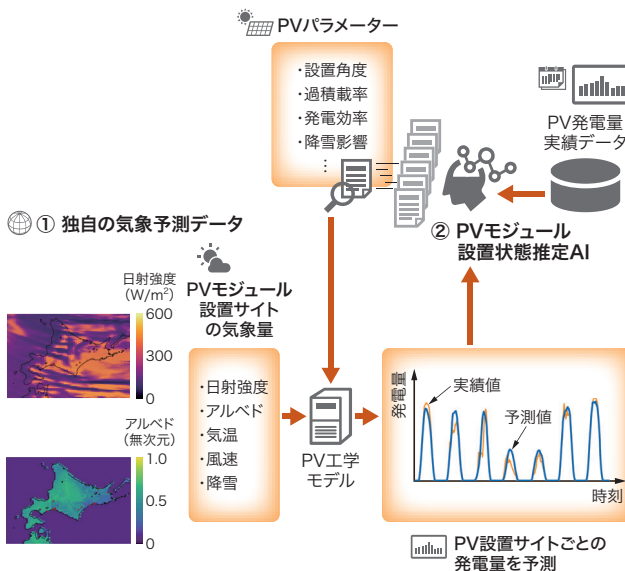
インフラ設備や製造装置などの状態を監視するために、様々なセンサーを用いてそれらの波形データを取得する環境が整ってきている。しかし、異常の発生はまれなため、異常データの蓄積や、それを用いたAI技術による学習は依然として難しい。また、異常を検知した際には、専門家が波形データを確認して原因を究明し、対策を立案する機会が多い。

このような背景から、代表的な波形パターン (Shapelets) と異常検知モデルとを、異常データなしで同時に学習する高い説明性を備えた異常検知技術 OCLTS (One-Class Learning Time-series Shapelets) を開発した。波形パターンを学習する従来技術では、異常データを用いて学習するため、実際の社会インフラや製造工場などに適用することは難しかった。一方、開発した技術は、異常を検知した際に、正常時の波形パターンからの崩れを専門家に提示することで、専門家による原因の究明や対策の立案をサポートできる。更に、性能評価実験により、従来技術よりも異常検知性能が高いことも確認できた。

関係論文：東芝レビュー、2019、74、5、p.9-12.

研究開発センター

## ■ AIによる高精度な太陽光発電量予測技術



### AIを用いて太陽光発電量を高精度に予測する技術の概要

Outline of high-precision photovoltaic (PV) power generation forecasting technology using artificial intelligence (AI)

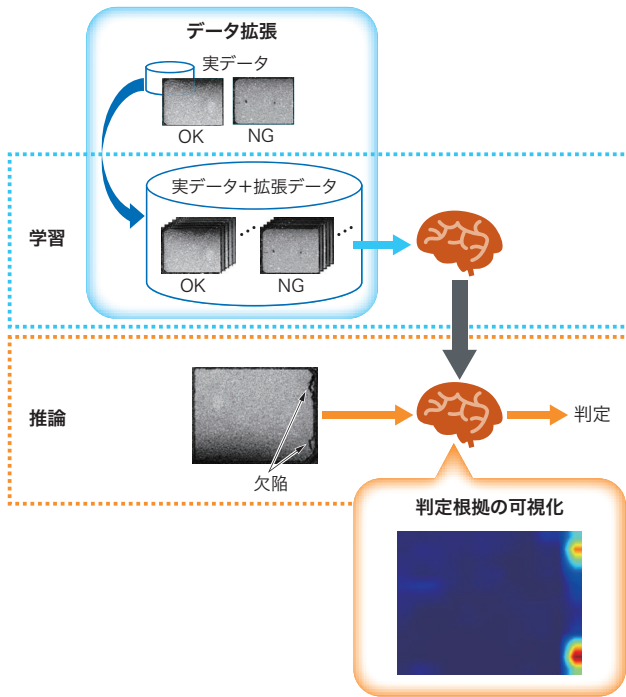
太陽光発電 (PV) の発電量は、気象条件によって大きく左右されるため、今後の再生可能エネルギーの導入量拡大に伴って安定的な電力の需給管理を実現するには、高精度なPV発電量の予測が不可欠になる。

従来のPV発電量予測は、PVモジュールの設置地点の日射強度や気温といった気象予測データを使用して、設備状態 (PVモジュールの容量や方位・傾斜角など) から工学モデルに基づいて行われていた。一方、当社は、①独自に運用する数値気象シミュレーションから得られる風速や、降雪、アルベド (地表面の反射率) などの気象予測データを、日射強度や気温に加えて使用するとともに、②発電量の実績値をPVモジュール設置状態推定AIに学習させて、PV工学モデルのパラメーター (PVパラメーター) を最適化することで、予測精度を向上させる発電量予測技術を開発した。この技術で、従来手法と比較して、予測誤差を約9.8%低減できることを確認した。

今後、この技術を電力需給管理システム製品や東芝グループの仮想発電所サービス事業などにも適用していく。

研究開発センター

## ■ 目視検査を自動化するAI画像検査技術



NG: No Good

AIで目視検査を自動化するためのデータ拡張・判定根拠可視化技術  
Learned data augmentation and defect position visualization technologies for automated visual inspection using AI

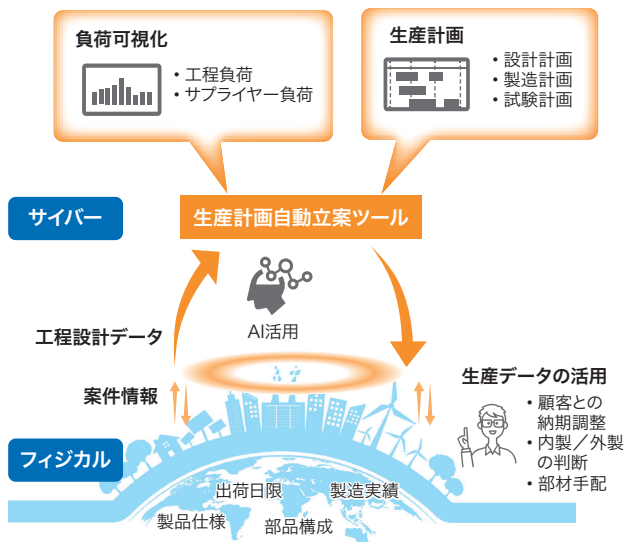
生産技術センター

多くの工場では、製造工程における目視検査の自動化が課題となっている。高度な分析が可能なディープラーニングを用いたAIを適用するには、学習に必要な大量のデータ、特に不良データを準備する必要がある。また、判定結果の信頼性も求められる。

これらの課題を解決するため、学習データの拡張技術と判定根拠を可視化する技術を開発した。学習データの拡張では、CG（コンピュータグラフィックス）合成などの画像処理技術により、様々なパラメーターをランダムに変化させることで、数万枚の学習用画像データの生成を可能にした。また、判定根拠の可視化では、AIの特徴マップから欠陥候補の特徴だけを取り出すことで、欠陥位置を強調する可視化を実現した。

今後、この技術を利用して、製造現場へのAI画像検査技術の導入を加速させていく。

## ■ 個別受注設計製品に対応する生産計画自動立案ツール



個別受注設計製品の生産計画自動立案ツールの概要  
Overview of automatic build-to-order production planning tool

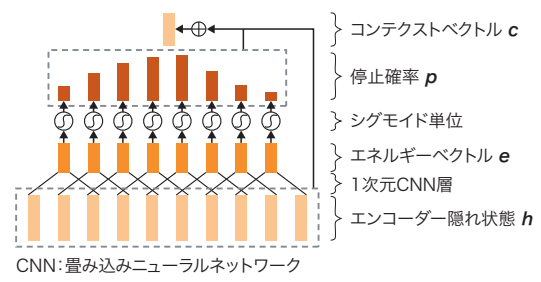
個別受注設計製品は、製品ごとに要求仕様が異なるため、受注後に製品設計と工程設計が必要になる。更に、その生産計画では、顧客との納期調整や、各工程での内製/外製の判断、部材手配なども必要になる。このため、従来の生産計画立案は、担当者のノウハウに依存する部分が大きかった。

このような背景から、営業部門が管理する案件情報や製品仕様に合わせた工程設計データなどを一元管理することで、設計・製造・試験工程の計画を自動で立案できる生産計画立案ツールを整備し、業務への適用を開始した。このツールを活用することで、製造工程ごと、あるいはサプライヤーごとの長期的な負荷見込みが可視化できるようになり、関連部門間の計画調整時間や生産管理担当者の計画立案時間を削減できた。

今後、製品の多様化への対応力強化を目指してモジュール化を進めている設計データとの連携強化を図るとともに、蓄積された設計データや製造実績データを用いたAIを活用し、効率的な生産計画を短時間かつ高精度に導出する手法を開発していく。

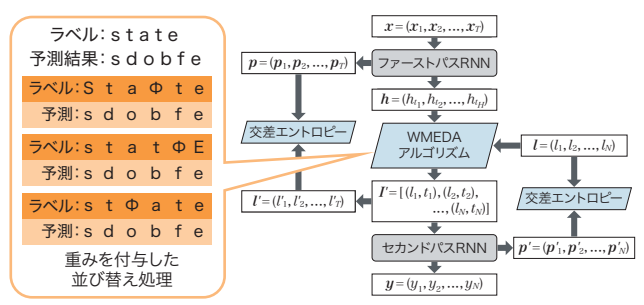
生産技術センター

## ■ End-to-Endモデルを導入した音声認識性能の向上手法



CNN: 畳み込みニューラルネットワーク

**ACSアルゴリズム**  
Adaptive computation steps (ACS) algorithm for improvement of speech recognition accuracy



RNN: 再帰型ニューラルネットワーク 開発手法を用いた学習フロー

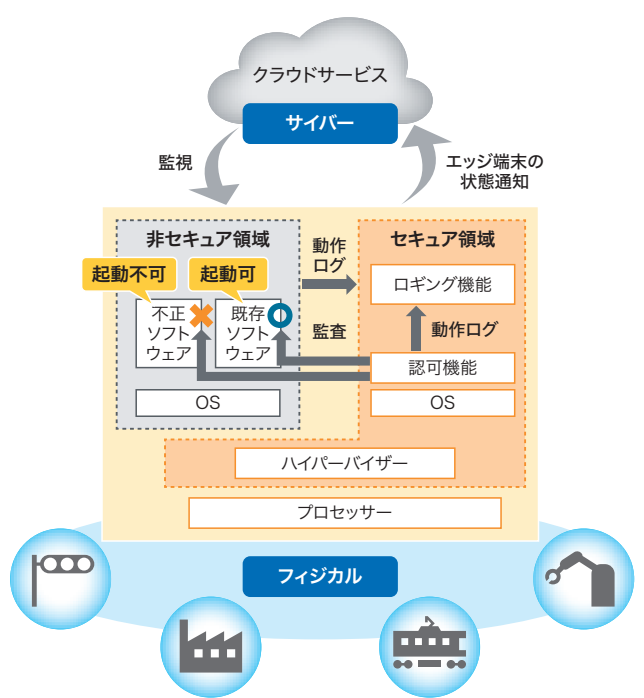
**WMEDAアルゴリズム**  
Weighted minimum edit-distance aligning (WMEDA) algorithm for shortening of training time

入力データと出力データの対を単一のモデルで学習させるEnd-to-End型音声認識に関する研究が世界中で盛んに行われているが、実際に使用するには、認識精度や計算時間など改善すべき課題が多い。

今回、認識精度の向上と計算時間の削減のそれぞれに貢献する独自の手法を開発した。認識精度については、音声認識モデル内部で実行する計算ステップ数を動的に決定するAdaptive Computation Steps (ACS) アルゴリズムを考案し、オンライン認識の文字誤り率を31.2% (従来手法32.4%) に、オフライン認識の文字誤り率を18.7% (従来手法22.0%) に改善した。また、計算時間については、音声認識モデルの学習プロセスにWeighted Minimum Edit-Distance Aligning (WMEDA) アルゴリズムを導入することで、学習時間を従来手法から45.7%削減するとともに、文字誤り率を19.38% (従来手法19.43%) に改善した。

東芝中国社

## ■ 組み込みプラットフォーム向けロギング技術



OS: 基本ソフトウェア

**CPSのエッジ端末で動作ログの改変を防止するロギング技術**  
Logging technology to prevent alternation of log data from edge devices in cyber-physical systems (CPS)

工場プラントや水処理プラントなどの社会インフラシステムでは、クラウドシステムから現場にあるエッジ端末の状況を把握し、異常の早期検知や故障の予兆検知につなげる取り組みが進められている。しかし、サイバー攻撃により動作ログが改変されると、正確な状況を把握できず、最悪の場合、事故につながるおそれが懸念されている。

このような状況を踏まえ、CPS (サイバーフィジカルシステム) のエッジ端末向けに、仮想化技術を応用してセキュアにデータをロギングする技術を開発した。この技術は、アクセス制限されたセキュア領域でロギング処理と動作ログの集約を行うことで、動作ログの書き換えを防止する。更に、不正プログラムによる動作ログの改ざんを防止するため、プログラムの起動時にバイナリーレベルで当該プログラムの正当性をセキュアに検証する認可機能を搭載した。

今後、検知した異常からエッジ端末を回復させるレジリエンス機能を追加し、エッジ端末に組み込み機器を用いるCPSの実現に不可欠なプラットフォームに拡張していく。

研究開発センター