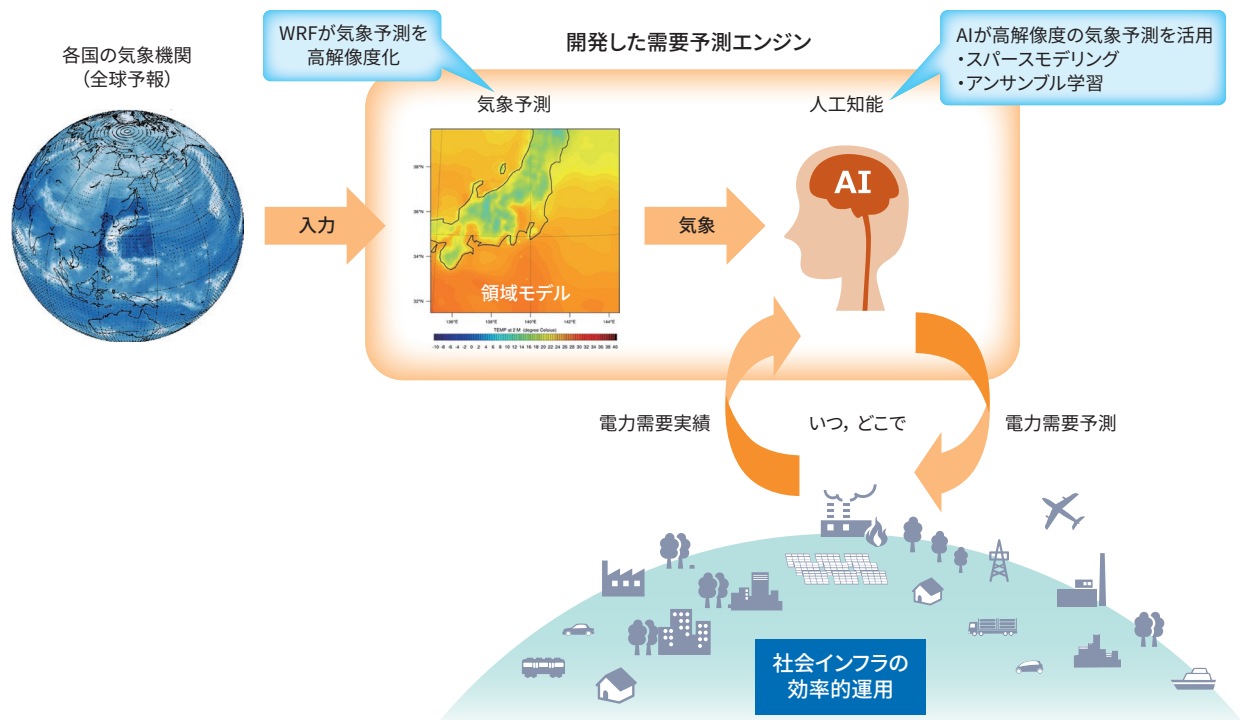


気象予測とAIを組み合わせた高精度な電力需要予測技術



高精度な電力需要予測技術の構成
Architecture of high-precision electricity load forecasting system

気象予測とAIの機能を組み合わせ、電力の需要量を高精度に予測する技術を開発した。

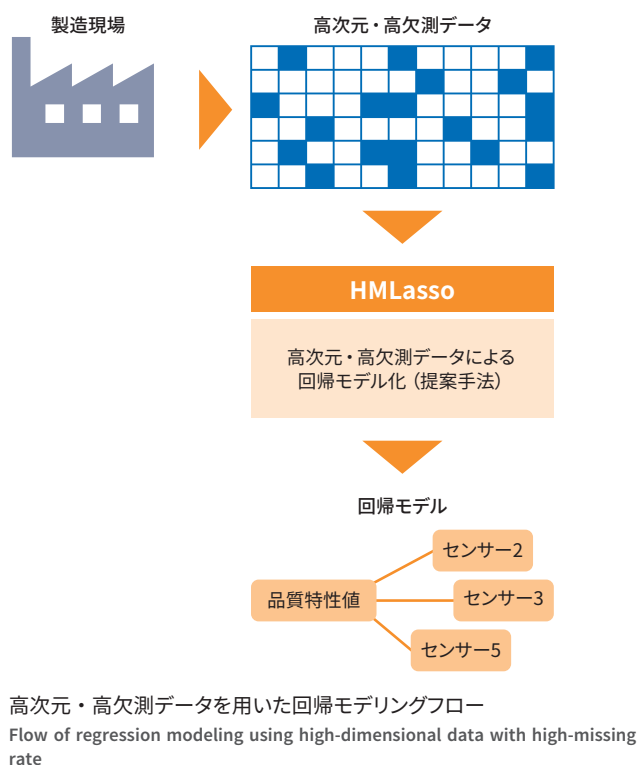
気象予測の機能では、気象機関が公開する、地球全体の低解像度な気象予測データ（全球予報）を取得した上で、数値気象モデルWRF（Weather Research and Forecasting）などの日本周辺の領域モデルを用いて気象予測データを高解像度化する。人工知能の機能では、スパースモデリングやアンサンブル学習などの機械学習手法を適用し、高解像度の気象予測データを電力需要予測の精度向上に生かす構成とした。

従来方式は、気象予測データは、県庁所在地などの主要都市だけの参照で、需要予測モデルが単一となる構成が多い。一方、開発した方式は、スパースモデリングが時間ごとに参照地点を自動選別する点、アンサンブル学習が複数の需要予測モデルを併用する点に構成上の特長があり、従来に比べて需要予測の前日誤差を約1%抑制した。

今後、この成果を、電気事業者向けの需給管理システム製品や、東芝グループの仮想発電所（VPP：Virtual Power Plant）サービス事業などへ適用していく。

研究開発センター

■ 高次元・高欠測データのための回帰モデリング技術



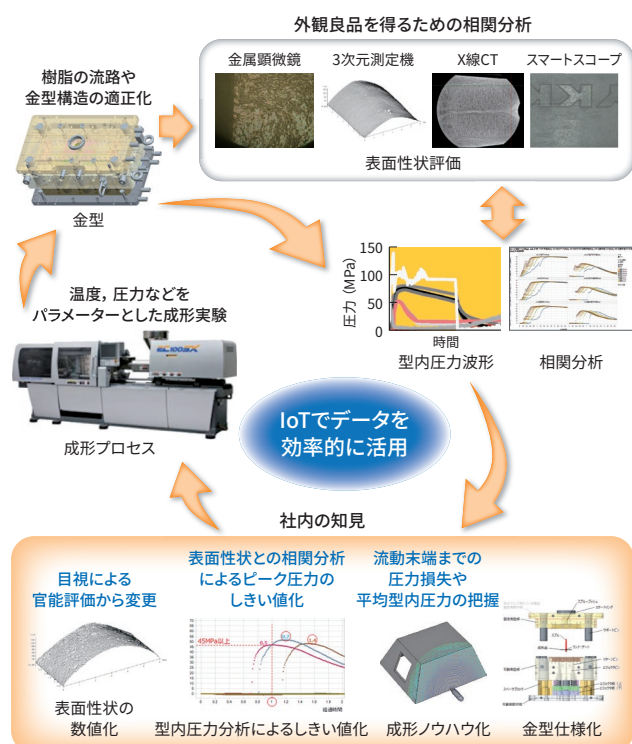
製造現場では、ビッグデータから回帰モデルを推定し、品質悪化の要因を特定することで歩留まり向上が図られている。特に、センサー数が膨大な高次元データでは、変数選択と回帰モデル推定を同時に行うLasso (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) がよく利用される。しかし、サンプリング検査などによりデータに欠測値が含まれる場合が多く、欠測補完でデータに偏りが出て、回帰モデルの推定精度が低下する課題があった。

今回、大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所との共同研究で、欠測値が多くても、欠測補完せずに高精度に回帰モデルを推定する新手法HMLasso (Lasso with High Missing rate) を開発した。

HMLassoは、欠測率の情報を有効活用することで高精度化を図っており、理論的に、開発した手法が既存手法よりも推定精度に優れていることを確認した。更に、欠測率50%の人工データによるベンチマーク評価で、既存手法より誤差を43%削減できることを確認した。

研究開発センター

■ スマートファクトリー化の実現に寄与する製造IoTソリューション



CT:コンピュータ断層撮影

樹脂成形に適用した製造IoTソリューション

Manufacturing Internet of Things (IoT) solution applied to injection molding process

スマートファクトリー化のために、製造IoT (Internet of Things) が注目されている。しかし、IoTはあくまで手段なので、使うこと自体が目的にならないように、どのようなもので、何ができるのかを理解して使いこなす必要がある。

今回、多種多様な当社製品に対する改善活動から得られた知見を生かした、製造IoTソリューションをシステム化した。製造IoTを導入するためには、現場の“データ収集”や、“見える化”、“分析”、“自動制御・最適化”、“自律化”などを推進する必要がある。このシステムは、現場で見えている課題から本質課題を推測し、課題解決に必要な生産・品質データを効率的に抽出できる。

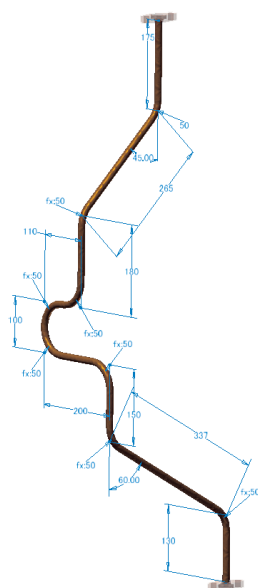
まずは、樹脂成形や、ダイカスト、プレスなどの部品加工で、生産・現場管理、検査、設備管理に対し、必要データから、分析方法・結果、改善アクション、期待効果までのデータ活用をシステム化し、IoT導入を迅速化した。また、東芝グループのIoTシステム“Meisterシリーズ”を活用し、生産性向上や、品質改善、技能継承などを実現可能とした。このソリューションは、社内外の顧客の製造現場で活用され始めている。

関係論文：東芝レビュー. 2018, 73, 1, p.20-24.

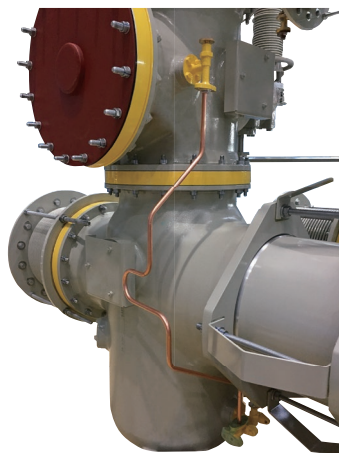
関連記事：p.10, 22

生産技術センター

■ 3D 設計を活用した配管製造のプレハブ化で現地施工の工期短縮



3D 図面に寸法を加えたガス配管の製造指示
Three-dimensional drawing with dimensions for gas piping manufacturing instruction



ガス配管を組み込んだ GIS の例
Example of gas-insulated switchgear (GIS) equipped with gas piping

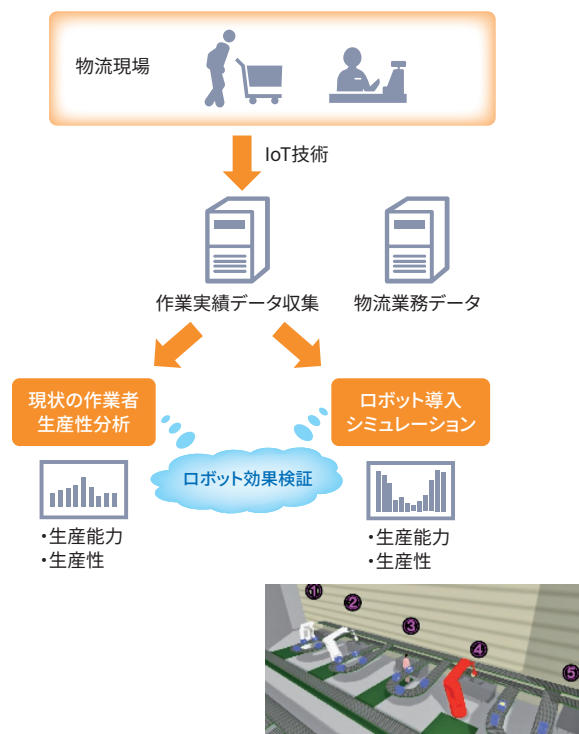
ガス絶縁開閉装置 (GIS) は、顧客の敷地形状や要求仕様に合わせて設計するため、形状やレイアウトのバリエーションが多数存在する。特に、各機器に絶縁ガスを供給するガス配管は、現地で現物に合わせて製作することが多く、現地施工の工期長期化の一因となっている。現地施工中は、変電所などを停止させる必要があるため、工期短縮が非常に重要である。

今回、現地施工の工期短縮を狙い、ガス配管をあらかじめ工場内で製作するプレハブ化を二つの施策で実現した。一つは、機器レイアウト標準化による配管パターン抑制に、カスタマイズに柔軟に対応できる配管レイアウトルールを組み合わせた 3D (3 次元) 設計である。もう一つは、設計部門と製造部門が協力して実施した、3D で表記した寸法指示と 3D データ提示による加工指示方法の開発である。

その結果、70 本のプレハブ配管を、現地での後加工なく接続でき、ガス配管の接続工期を 1/4 に短縮した。これは、現地施工の工期全体の 55 % 削減に相当する。今後、電気配線配管などもプレハブ化し、更なる工期短縮を目指す。

生産技術センター

■ 工場で培った生産シミュレーションを物流分野へ展開



物流分野への生産シミュレーションの活用
Application of production line simulation techniques to logistics field

近年、物流需要の増大に伴って、労働力の確保が課題となっている。当社は、荷降ろしロボットやピッキングロボットなどの自動化機器を開発し、物流業界に導入しているが、更に顧客価値を高めるためには、ロボットのようなハードウェアだけではなく、それを有効活用する物流システムソリューションの提供が求められる。

一方、これまで当社は、社会インフラ製品や半導体などの様々な工場で、製造ラインの新規構築や、生産能力の検証、生産性の向上などに生産シミュレーション技術を活用してきた。

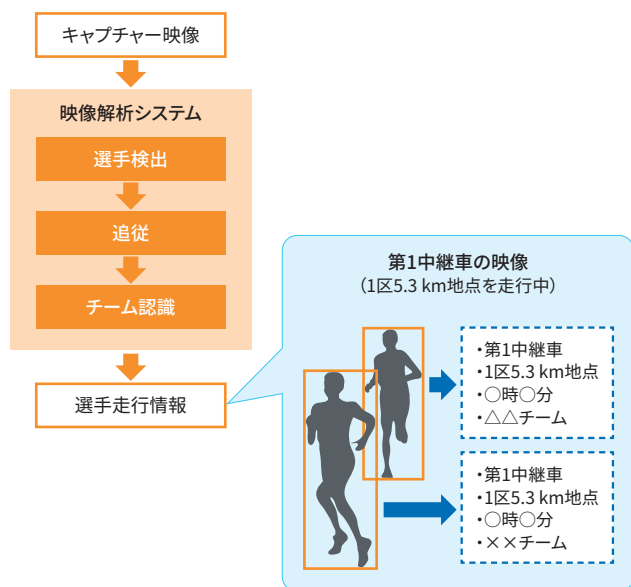
今回、この技術を物流分野にも展開し、多種多様な商品を扱い作業量の変動が大きい物流システムやライン構想に適用した。これにより、人とロボットが協調する物流ラインでのレイアウトの適正化や、物流システム的能力、ロボットによる自動化の導入効果などを、ライン導入前に検証できる。

今後、ロボットなどの自動化機器の導入とともに、物流業務を対象とした現状把握から改善施策の提案までを物流ソリューションとして確立し、顧客価値を高めていく。

関連記事：p.9, 22

生産技術センター

■ ディープラーニングによる高精度リアルタイム人物映像解析技術



駅伝ロードレース映像解析システムの概要
Outline of video analysis system for live broadcasts of road relay races

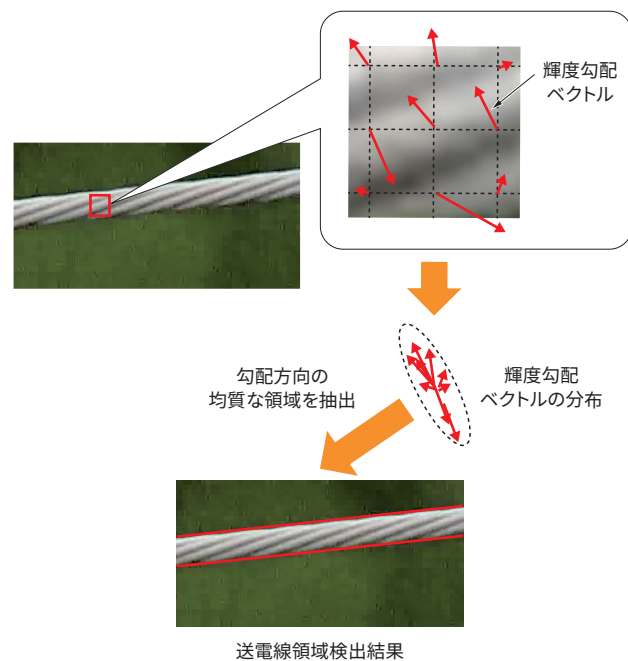
駅伝ロードレース番組制作の効率化を目的に、走行中の選手のチームをリアルタイムに自動認識する人物映像解析システムを開発した。駅伝ロードレースは、選手同士の重なりが多く日照条件の変化も大きいため、従来の画像解析ではチームの自動認識が困難であった。

このシステムは、選手同士が重なっても見えやすいユニフォーム領域を認識の対象とし、様々な日照条件下でのロゴや色について深層学習したモデルを用いて高精度にチームを識別する。また、選手との動きの違いを利用して、沿道の観客を認識対象から除去することで、認識処理の回数を削減してリアルタイム動作を実現するとともに、誤認識を大幅に低減させた。

放送映像へ選手情報やラップタイムを表示するために人手で行っていた記録作業を、省力化する実証実験を行った。生放送でリアルタイムに映像解析をした結果、適合率98.1%と実用的な性能が得られた。この技術は、他のスポーツ映像解析はもとより、既設のカメラを用いた産業分野の作業分析・効率化などにも応用できる。

研究開発センター

■ 送電線異常検知のための架空線領域検出技術



画像の輝度勾配から送電線領域を抽出する手法
Method for stably extracting power line sections according to brightness gradients

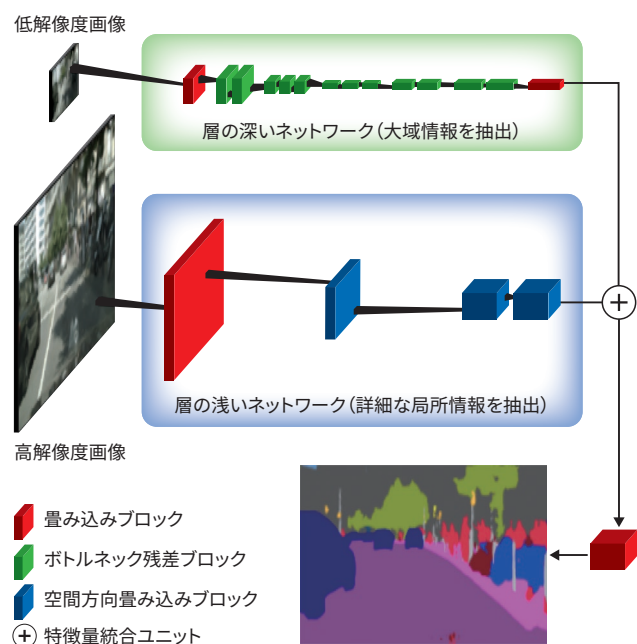
送電線の保守管理では、ヘリコプターによる送電線の巡視点検が行われているが、空撮された送電線画像を作業者が目視検査するため、多大な労力と時間を要している。

このため、深層学習による異常検出技術で点検作業を省力化する取り組みがなされているが、その際の前処理として、画像から検査対象の送電線領域を安定して抽出する必要がある。しかし、送電線は、より線状の構造をしているため、従来の線分検出技術では安定した検出ができない場合があった。また、最近では、4K (3,840 × 2,160画素) や8K (7,680 × 4,320画素) などの高解像度な画像が用いられるため、高速な処理も求められる。

今回、直線検出に用いられてきたHough変換を拡張し、輝度勾配ベクトルの向きがそろっている直線状の領域を安定して検出する手法を開発した。この手法は、直線のパラメータ空間における量子化の幅を調整することで、検出精度を落とさずに高解像度の画像を高速に処理でき、送電線点検の省力化を実現できる。

研究開発センター

省メモリでのリアルタイム動作と高い精度を両立する画像領域分割技術



ContextNetのネットワーク構成

Network structure of ContextNet semantic segmentation technique for exploring context and detail

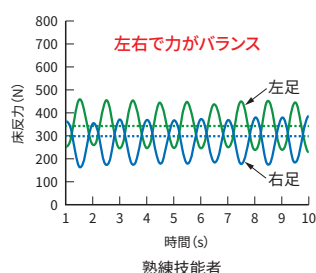
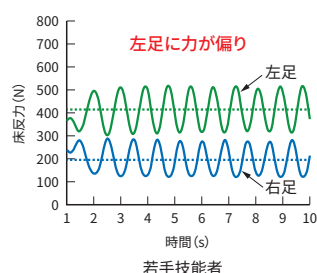
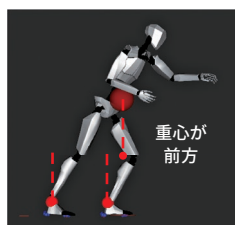
省メモリでのリアルタイム動作と高い精度を両立する画像領域分割技術 ContextNetを開発した。少ない計算資源でリアルタイム動作が求められる自動運転向けに、車載カメラで撮影された画像を、歩行者や、車両、車道、歩道などの領域に高精度で分割できる。

ContextNetは、低解像度画像を入力として大域情報（コンテキスト）を抽出する、層の深いニューラルネットワークと、高解像度画像を入力として詳細な局所情報を抽出する、層の浅いネットワークの処理結果を統合することで、本来トレードオフの関係にある省メモリでのリアルタイム動作と高い精度の両立を可能とした。

オープンなベンチマークデータCityscapeを用いた性能評価では、パラメーター数が85万、処理速度が18.2フレーム/秒、精度が66.1%であり、他社や大学の既発表手法と比べ、メモリ・処理速度と精度のバランスに優れていることが示された。

東芝欧州研究所

モーションキャプチャーによる“巧みさ”の見える化



モーションキャプチャーを用いた技能者の筋負担比較

Comparison of muscle loads of young and highly skilled workers by means of motion capture

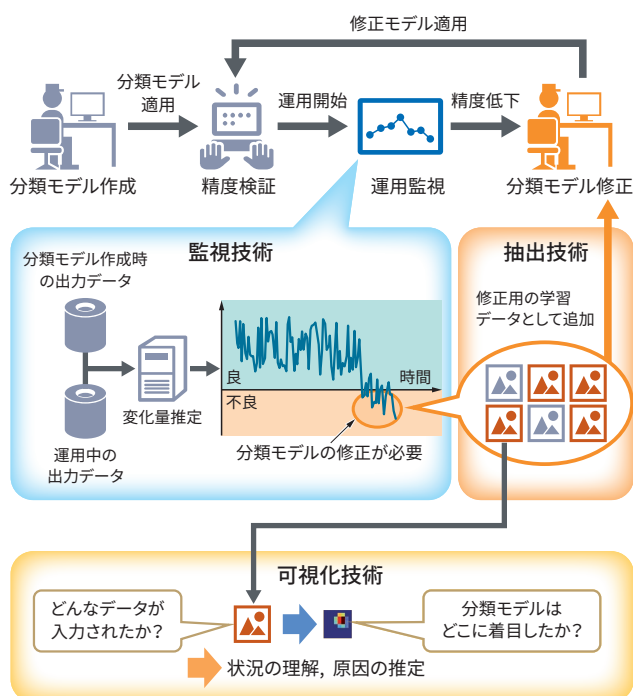
製造業では、機械加工で作られた部品の仕上げが手作業である部分がまだ多い。このため、技能者が持つ技能によるところが大きく、競争力の維持には、熟練技能者の知見やノウハウを継承していくことが重要となってきている。

そこで、技能者の早期スキルアップを目的に、モーションキャプチャーと筋骨格シミュレーションによる身体運動可視化手法を開発した。慣性センサー式モーションキャプチャーの採用で、装置周りを動いても作業時の全身の動きが計測でき、関節角度の変化に対する身体モデルの逆運動学解析で、関節トルクや筋力などの身体内部の作用力を推定できる。また、両足が床面に固定された条件の身体モデルを用いれば、力センサーなしで両足の床反力も推定可能である。

熟練技能者と若手技能者で、作業時の両足への作用力を比較した例では、熟練技能者の少ない筋負担が作業姿勢などに起因していることが明らかになった。この手法により、動きのポイント（巧みさ）に関する気づきが得られることから、技能五輪に向けた若手指導にも利用している。

生産技術センター

■ ディープラーニングモデルのメンテナンス技術



ディープラーニングモデルの精度を維持するための監視技術，抽出技術，可視化技術

Monitoring, extraction, and visualization techniques to maintain accuracy of deep learning models

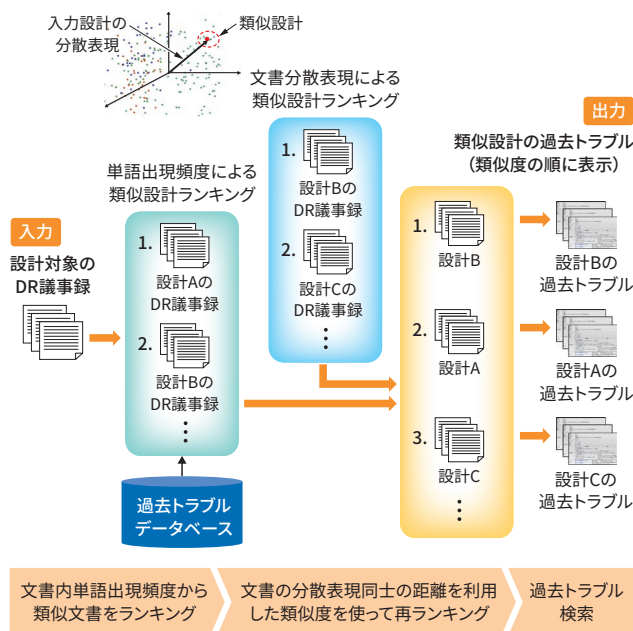
ディープラーニング（深層学習）の産業応用が進み，作成した分類モデルを長期的に運用する場面が出てきている。分類モデルへの入力データは，カメラで撮影した画像やセンサーで取得した波形など多様だが，撮影対象の状態変化やセンサーの位置ずれなどで，入力データの傾向が変化して分類精度が低下するおそれがある。そのため，この傾向変化の監視や，変化後の入力データに対する分類モデルの修正，センサー位置の修正による入力データ傾向の正常化などのメンテナンスが，安定的な運用に必要である。

今回，分類モデルの出力データにおいて，分類モデル作成時からの変化量を基に分類精度を見守る“監視技術”，分類精度の低下した入力データの中から特に傾向の異なるものを見付ける“抽出技術”，抽出された入力データに対し分類モデルの注目箇所を描写する“可視化技術”を開発した。

抽出された入力データとその可視化結果は，傾向変化の状況を理解する助けとなり，分類モデル修正のための学習データとしても有用となる。これらを監視技術と併用することで，分類モデルの効率的なメンテナンスを可能にした。

研究開発センター

■ 過去のトラブル事例を効率良く調査できる文書検索技術



類似設計による過去トラブル検索技術の概要

Document retrieval technique to search past reports of problems with existing products similar to product at design stage

製品設計で同じトラブルを繰り返さないため，過去のトラブル事例を効率良く調査したいというニーズがある。

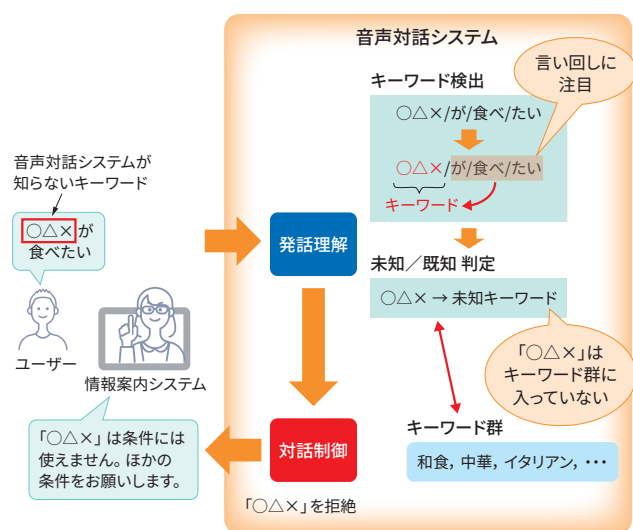
ベテランは，知識や経験を生かし，過去の大量な事例から類似な設計を見付け，そこで生じたトラブルを選択できる。しかし，若手設計者は，過去の類似な設計を見付けられず，重要なトラブルを見逃すおそれがある。

そこで，過去の類似設計を高精度に抽出する技術を開発した。設計レビュー（DR）の検討事項が似ていれば設計仕様も類似すると仮定し，設計対象のDR議事録と文書内容が類似する過去のDR議事録を抽出し，それに対応する設計を類似設計とする。ここで，文書間の類似度は，単語の出現頻度による手法と，ニューラルネットワークで学習した文書の分散表現を利用した手法を組み合わせる算出する。

この技術で，類似設計抽出結果の30位再現率は，単語の出現頻度だけによる抽出と比較して7.1ポイント向上し，75.4%となった。現在，この技術を利用した過去トラブル検索システムが，東芝グループ事業所で試験運用中である。

研究開発センター

■ 音声対話中の未知キーワード検出手法



未知キーワード検出手法

Out-of-domain keyword detection technique for spoken dialog systems

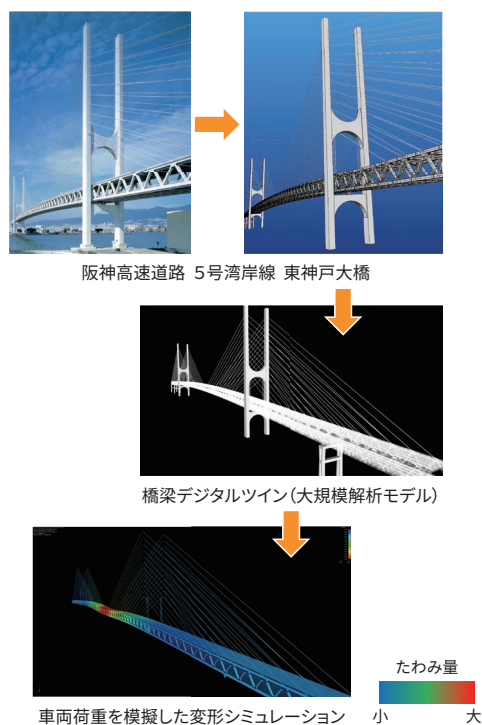
ユーザーと対話して情報案内を行う音声対話システムは、事前にユーザーが発話するキーワードを収集して保持し、これに基づいて応答を生成する。次々に出現する新しい商品名や流行語を全てキーワードに追加するのは難しく、ユーザーの発話に未知キーワードが含まれることは避けられないので、音声対話システムは適切な応答を生成できない。

そこで今回、発話文全体の言い回しを利用した未知キーワード検出手法を開発した。検出した未知キーワードが使用できない旨を、情報案内システムからユーザーに通知することで、円滑に対話を進められる。例えば、「○△×が食べたい」という発話では、食べ物に共通して使われる「が食べたい」の言い回しに注目すれば、機械学習モデルで「○△×」をキーワードとして検出できる。音声対話システムは、検出したキーワードが、同じ言い回しに使われる“和食”などの既知のキーワード群になれば、それを未知キーワードと判定する。この音声対話システムは、今後、商品名を頻繁に扱う商業施設での案内やコールセンターでの質疑応答などで、活用が期待される。

関係論文：東芝レビュー．2018，73，5，p.58～62．

研究開発センター

■ “橋梁デジタルツイン”に向けた大規模構造解析技術



超大規模構造解析による橋梁変形シミュレーションの例

Example of simulation of bridge deformation applying ultra-large-scale structure analysis

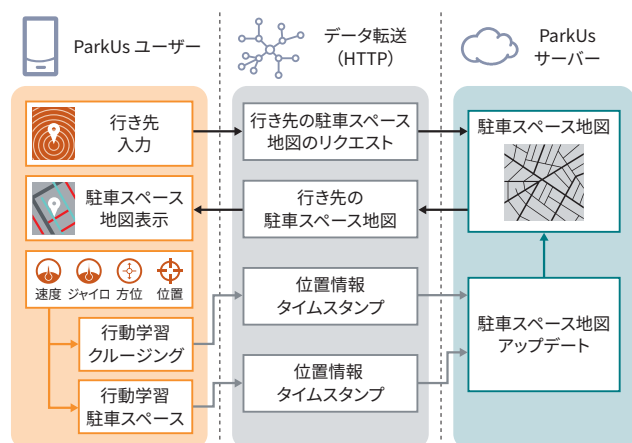
現実世界の対象物を仮想空間上のモデルで忠実に再現することで、設計・運用・保守などを高度化するデジタルツインというアプローチがある。これを橋梁(きょうりょう)に適用した“橋梁デジタルツイン”の実現に向け、大規模構造解析技術を開発した。

阪神高速道路(株)との共同研究で、実在の橋梁(5号湾岸線東神戸大橋)を対象としてモデル化した。橋梁全体を扱う場合、従来は、複雑な断面形状を梁(はり)で置き換え、パラメーターの合わせ込みでモデル化していた。今回の研究では、細部の詳細形状までそのまま再現し、並列計算を用いた5億自由度規模の超大規模解析技術を構築した。細部までモデル化されているため、応力集中の生じる部位を直接分析することができ、維持管理の高度化や災害時の状態把握など、より適切な防災対応への活用が期待される。

構築したモデルを用いて、20 t車2台の車両荷重を模擬した変形解析を実施した。橋梁中央のたわみ量を実測結果と比較したところ、パラメーターの合わせ込みなしで良好な一致が得られ、大規模構造解析の有効性を示した。

研究開発センター

■ 行動学習による環境モニタリング技術 “ParkUs”



HTTP: Hypertext Transfer Protocol

ParkUs のシステム構成

Architecture of ParkUs system to find parking spaces through behavior learning

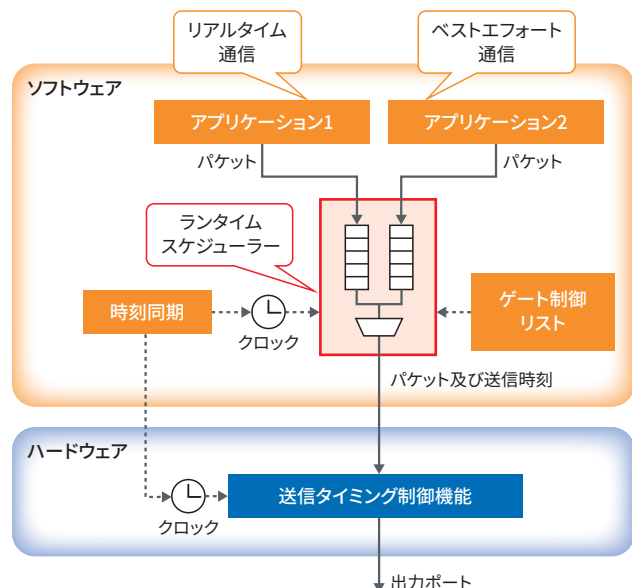
道端の駐車スペースを探し回ることが日常的になると、渋滞を引き起こし、CO₂ (二酸化炭素) 排出量の増加や、時間・燃料の浪費などの社会問題となる。

今回開発したParkUsは、リアルタイムに駐車スペースの有無を検出するアルゴリズムである。インフラ側にカメラやセンサーなどを設置する必要がなく、駐車スペース探索行動の機械学習から環境をモニタリングする技術で、スマートフォンやカーナビの加速度センサーやGPS (全地球測位システム) が利用できる。

27人の被験者による200件以上の行動学習で開発と評価を進め、80%を超える駐車スペース検出率を達成した。大学キャンパスやショッピング街のフィールド評価では、駐車スペースを探すのに平均3分近く掛かる環境で、1分37秒を達成した。これは、40万人都市に換算すると、CO₂排出量790tの削減と燃料費5,500万円の節約になる。この技術は、駐車場探索に加え、サービスエリアやショッピングモールで待ち行列をリアルタイムにモニタリングするソリューションなどにも応用できる。

東芝欧州研究所

■ リアルタイム通信をソフトウェアで実現するランタイムスケジューラー



リアルタイム通信スケジューリング技術のブロック図

Block diagram of software-based traffic scheduler for real-time communication

産業・車載ネットワーク分野などでは、リアルタイム性や信頼性を保証するための次世代規格TSN (Time-Sensitive Networking) の普及が見込まれている。

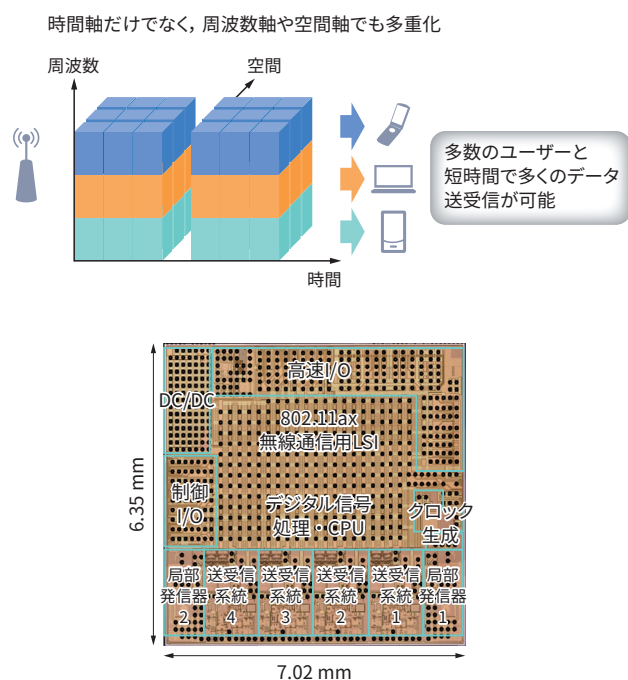
今回、リアルタイム通信への適用を目指し、TSN規格の一つであるタイムアウェアシェーピングをソフトウェアで実現するランタイムスケジューラーを開発した。このスケジューラーは、ゲート制御リスト^(注)を先読みし、リストで指定されているタイミング制約に基づいて各パケットの送信時刻を動的に決定することで、TSN対応の専用ハードウェアを使用せずに、ソフトウェアでリアルタイム通信ができる。

開発した技術と送信タイミング制御機能を持つ汎用ハードウェアを組み合わせたシステムで、リアルタイム通信とベストエフォート通信を混在させた実機評価を行った結果、リアルタイム通信における遅延揺らぎ (ジッター) を0.1 μs未満に抑えられた。今後は、低遅延化に取り組む。

(注) 送信ゲートの開閉タイミングを制御するリスト。IEEE 802.1Qbv (電気電子技術者協会規格 802.1Qbv) で定義される。

研究開発センター

■ 高効率化と高信頼化を可能とする次世代無線LAN技術



マルチユーザー多重伝送技術の概要と開発した無線通信用 LSI チップ
Overview of multi-user multiplex transmission technique and newly developed large-scale integration (LSI) chip for radio communication

従来の無線LANよりも高効率化と高信頼化を可能とする、次世代無線LAN規格 IEEE 802.11ax（電気電子技術者協会規格 802.11ax）の標準化が進められている。今回、IEEE 802.11ax のドラフト規格に準拠した無線通信用 LSI を開発した。

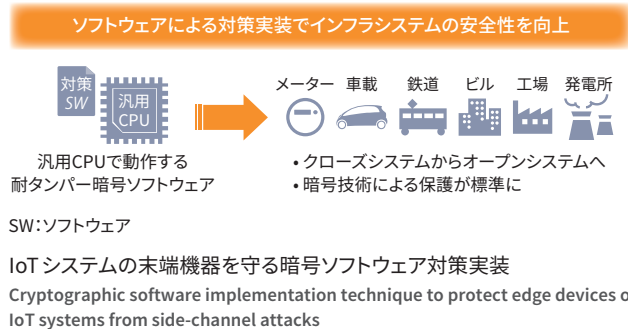
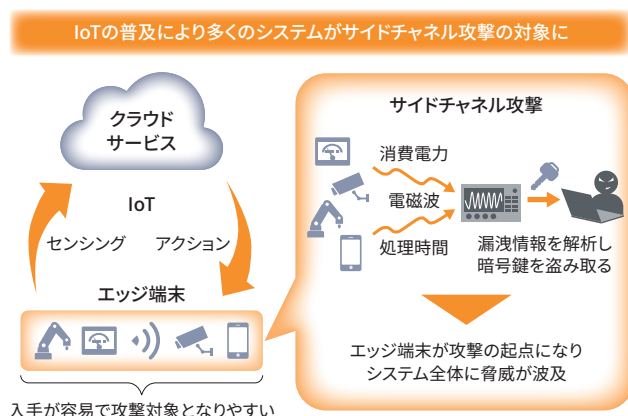
複数ユーザーが同時に通信できるマルチユーザー多重伝送技術の適用に加え、世界最高レベル^(注)の信号誤差精度を達成し、一度により多くの情報伝送が可能な 1024-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 変調を可能とした。これにより、課題であった多数ユーザー利用時のスループット低下を防止し、最大 2 Gビット/s 以上の高速無線通信を実現した。また、電波信号の特徴を抽出することで、通信品質低下につながる電子レンジやほかの無線システムからの干渉信号を検出する機能も搭載している。

スタジアムでの超高速無線LANサービスや、多数の無線センサーを収容するIoT用途などでの利用が期待される。

(注) 2018年2月現在、無線LAN用 LSI において、当社調べ。
関係論文：東芝レビュー、2018、73、3、p.31-35。

研究開発センター

■ 実装起因の攻撃に対応する暗号ソフトウェア対策実装技術



サイドチャネル攻撃は、暗号処理中のアナログ漏洩（ろうえい）情報（消費電力、電磁波、処理時間など）を観測し、暗号の秘密鍵を特定する攻撃手法である。ICカードなどでは、現実的な脅威として対応されているが、今後は、インフラシステムなどのIoT化に伴い、エッジ端末への攻撃が脅威となる。

これへの対応準備として、汎用CPUで動作し、既存システムに導入しやすい暗号ソフトウェア対策実装技術の開発を進めている。ソフトウェア実装で対策することで、攻撃の進化に追従してアップデートでき、製品寿命の長いシステムでも安全性を維持しやすい。

今回、IoTシステムで機器認証やデータ改ざん検出に使用される暗号方式 HMAC (Hash-based Message Authentication Code) のソフトウェア対策実装技術を開発した。評価手法の一つである ISO/IEC 17825 (国際標準化機構/国際電気標準会議規格 17825) を用いた評価で、サイドチャネル攻撃に対して耐性があることを確認できた。

研究開発センター