



マイサート “Maisart”が、 大きなAIポテンシャルを 開花させる。

独自のアルゴリズムでコンパクト化を図り、 あらゆる機器へのAI搭載を可能にする。

大量情報の高速な処理・保存・抽出、パターンマッチングによる識別・類推・予測、バラエティ豊かな代替案の作成、深層学習による進化など、いまAIならではの「賢さ」が、私たちの生活や産業界の在り方を、大きく変えようとしている。その中で、幅広い分野の製品群を有する総合電機メーカーとしての強みを活かして「製品に搭載することができるAI」を開発し、さらにそれを通じて「機器自体が短期間で自ら賢さを進化させていく世界の創出」を目指す三菱電機。そのAI戦略のコアを築く“Maisart”とは…?

情報技術総合研究所
執行役員 所長
中川路 哲男

自ら学び、成長するAIへ

いま、AIが次代を拓く技術として注目を集めているのは、ご存じの通りです。実は、これまで2回の「AIブーム」がありました。第1次ブームは1950～60年代。推論・探索技術を基に「人間と同様の知能の獲得」が目指されました。しかし、期待通り

の成果を得ることはできなかったのです。

そして第2次ブームは、1980年代にやって来ました。専門家(エキスパート)の意思決定プロセスをモデル化し、専門性の高い複雑な問題を人工智能に解かせることを目的とした「エキスパートシステム」が登場したのです。これは、特化したフィールドの問題に関わる情報を解析するルールをプログラミングしようというものですが、そのルールをシステムに教え込むのは容易なことではありませんでした。そのため、このブームもいつか去っていきました。

これらに対して、第3次ともいえる今回は、従来のブームとはその性格が大きく異なっています。かつてのように想定を基盤にモデル化を図り、あらかじめプログラムを築くのではなく、さまざまなデータからシステムが自ら学習し、成長していく—まさに、人間の脳の働きにグッと近づいたわけです。

機器自体に搭載することができるAIを

コンピューターに大量のデータを学習させることで、「人間が持つ音声や画像認



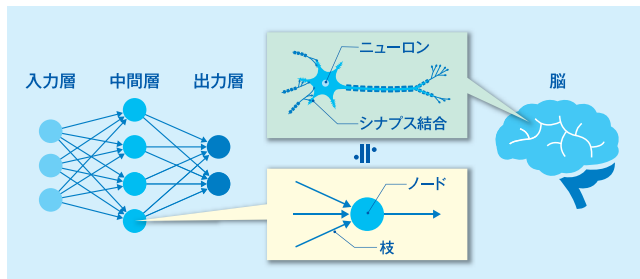
Maisartの拠点、情報技術総合研究所(鎌倉市)

識能力、それを基盤とした判断を実行させよう」というのが、いま議論されているAIの根本的思想です。これは、コンピューターの進化とインターネットによる大容量のデータ収集により実現したもので、一般的にはクラウド上のサーバーで膨大なデータを処理・活用するイメージです。

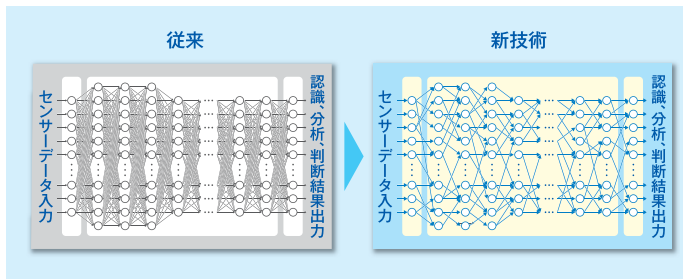
これに対して私たち三菱電機は、生産現場のロボットや自動車、家電製品やビル設備、住宅機器などにAIを搭載し、それぞれの機器自体が自己完結的に学習し、最適なアクションを実現することを目指しています。

従って、機器自体に組み込むことができるコンパクト性や優れた省エネ性、コストパフォーマンス。さらに、それぞれの現場

●ニューラルネットワークイメージ



●従来に比べてディープラーニングの枝を1/30~1/100に削減



中川路所長を囲む研究員たち

で使い込むほどに賢くなっていく成長性やユーザフレンドリーな使いやすさ、安全性などを、同時に実現するものでなければなりません。

もちろん、同じ機器でもそれが設置される環境や利用状況などは、使用者ごとに異なります。そこで、実際の現場の日々の利用状況を把握し、リアルタイムなデータを収集しながら、各現場で学習～

最適化を実現することが重要になってきます。

その一方で、学習の深化のためには、個別環境ごとのデータとともに、より広域なエリアや時間帯別の利用状況などのデータも必要です。これらの膨大なデータの処理はクラウドを活用し、分析結果を個々の機器にフィードバックするなど、クラウドとの連携も推進していきます。

「賢さ」を生み出す
アルゴリズムを基盤に

機器に搭載するためのコンパクト性や省エネ性、学習のスピードアップなどを実現するためには、あらゆるデータを取り込んで総当たりに学ぶのではなく、「本当に必要な情報は何か」を取捨選択することが不可欠です。

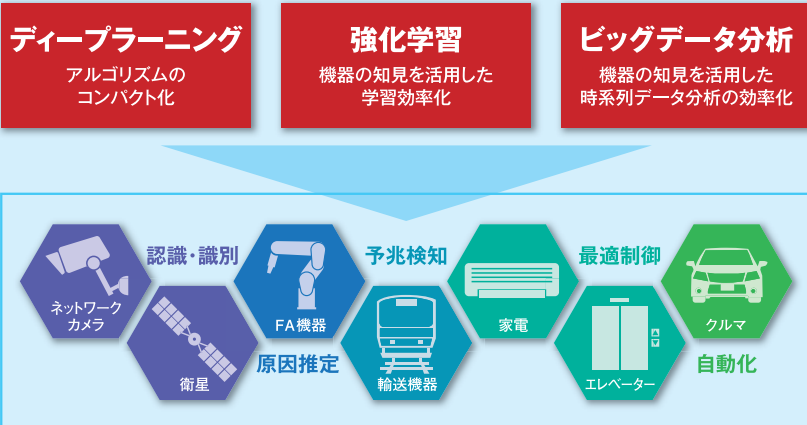
実は我々の脳も、知覚した情報を全て判断材料としているわけではありません。不要な情報は「捨てる・忘れる」ことで、必要なものを絞り込み、判断の効率化を図っているのです。私たちは、このメカニズムに注目し、独自のアルゴリズムとして確立。推論精度向上と演算負荷低減の両立を図ることで、コストパフォーマンスが高く、短期間で効率的な学習を実現し、的確な判断を可能にしました。

三菱電機は、この技術を“Maisart”と命名し、新たなAIをさまざまな製品に搭載する、共通技術基盤としてブランド化しました。今後、搭載機器の事業展開を加速させていきます。

“Maisart”は、“Smart AI”の文字要素を入れ替えたアナグラムであり、“Mitsubishi Electric's AI creates the State-of-the-ART in technology”の略でもあります。これは、AIに関わる個別技術ではなく、私たちが有するディープラーニングや強化学習、ビッグデータ分析を巡るトータルな知見を基盤として、認識や識別、原因推定、予兆検知、最適制御、自動化などのアプリケーションとして提供するまでの総合的なソリューションを示しています。

当社独自のAI技術にブランド名を冠することで、社内においてAI戦略を進める求心力を生みだし、社外に向けてはAIにかかる三菱電機の「本気度」を示していきたい。“Maisart”には、私たちのそんな願いが込められているのです。

〈MaisartのAI技術適用の概念図〉



■ 力覚制御の高速化技術

人の腕の柔軟な動きを再現し、 複雑な作業も短時間で学習して実行。

先端技術総合研究所
自律制御システム開発プロジェクトグループ
ロボットシステムグループマネージャー
前川 清石

主席研究員
白土 浩司

前川 少子高齢化が進行する中で、日本の生産年齢人口は長期的に見ると大きく減少します。その中で、今後とも万全の生産性を獲得するには、人手を介さないロボットによるプロセスの拡大と、その生産性を高めるためのAIの活用が必須だと思います。そのような背景の下で、電気・電子製品組み立て工程における生産性向上が、私たちのテーマでした。

白土 例えばコネクタ・基板の挿入や部品のはめ合い作業などは、挿し込み方向や角度、速度、微妙な力加減など、複雑な諸要素を総動員した配慮が必要です。そこで、産業用ロボットのアームを人間の腕のように、柔らかくしなやかに動作させたい、と考えました。

前川 ロボットの手首部分に取り付けた力覚センサーで物体と接触した際の反力やモーメントを計測して制御するところで“Maisart”を活用。従来、人手で実行していた微妙な動きのチューニングを“Maisart”に任せ、スピードと精度の向上を図ったのです。

白土 多数の調整パラメーターを、動作環境に応じて短時間で適用させることを目指しました。私たちは、センサーの力覚情報にアームの自重などの物理モデルを加味することに加えて、ハーネスの引っ張りやねじれ、変形など、モデル化できない複雑で非線形の挙動も盛り込むことができました。そうしたより高精度なセンサー補正を図ったことにより、補正前と比べて作用力に含まれる誤差成分を1/3程度に小さくすることができました。

前川 挿入速度の最適値でも、“Maisart”を活用したAI学習の成果が顕著に表れました。AI学習前、公差の厳しい穴への円柱状の部品挿入時間は5.5秒でしたが、AI学習後には1.9秒と約3倍の高速化を実現。65%もの時間短縮を図ることがで



前川、白土が在籍する先端技術総合研究所(尼崎市)

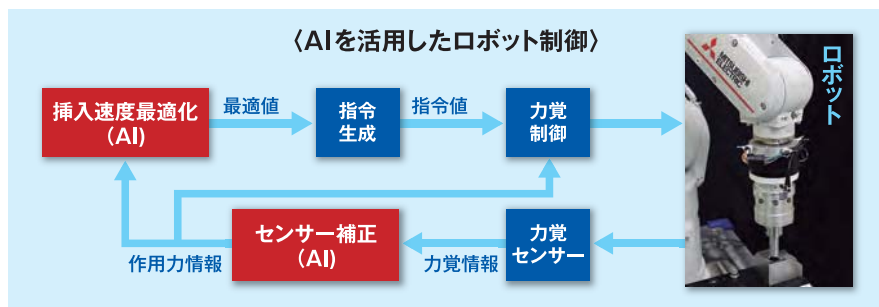
きました。挿入速度と作用力情報から最適な挿入速度を学習するまでの時間も、最短で5分でした。

白土 今回、電気・電子部品の組み立て分野で確かな成果を得ることができましたので、これまで「人にしかできない作業」だと思われていたフィールドにも、活用の幅をどんどん広げていきたいですね。

前川 例えば、物流センターや人の手の微妙なタッチが求められる食品などでも活用を進めていきたいと思っています。これまでFA分野で実績を積み上げてきた我々だからこそ、「AIパワーの活用で、さまざまな製造現場の皆様に、さらに大きな貢献ができるはずだ」と確信しています。



左・白土/右・前川



■ 物体認識技術

画像中の遠方に小さく写る物体を検出し、「それが何であるのか」までを瞬時に識別。

情報技術総合研究所
知能情報処理技術部 映像分析技術グループマネージャー
杉本 和夫

私たちのグループは、画像内の物体を検出するだけでなく「それが何であるのか」を識別したい、と考えました。そこで演算負荷を抑えたアルゴリズムで構成された視覚認知モデルを“Maisart”に載せ、演算量のシェーブアップを図ることで、検出から識別に至る一連の物体認識処理の実行を目指しました。

例えば、車で道路を走っている場合、私たちは目に入る情報全てを活用しているわけではありません。無意識のうちに、安全走行上必要性が高い「目立つ領域」だけをピックアップして、判断を下しているのです。そんな人間の認知～判断メカニズムをそのままアルゴリズムとして形成しようというのが、研究のポイントでした。

その認知パターンがより顕著に表れるのが、高速道路です。人間が遠方の物体を認識する際に、周囲に対してより目

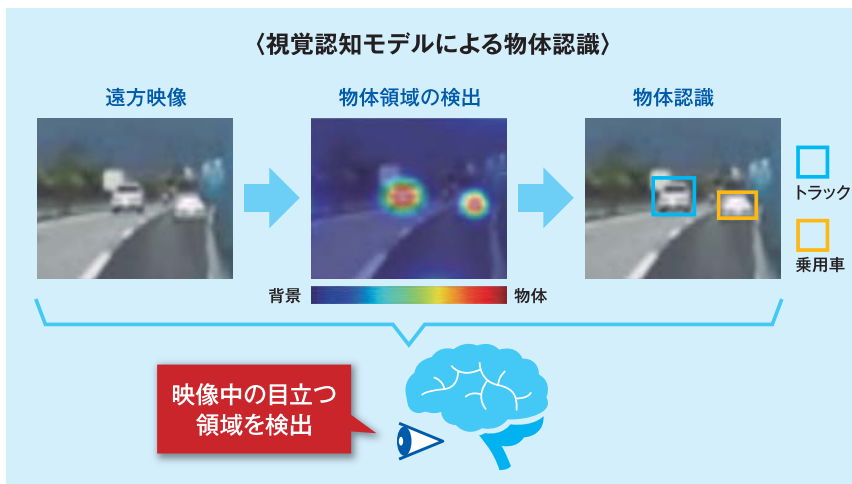
立つ領域を優先させることで、重要と思われる物体を効率よく見いだす「視覚的注意」に着目しました。これを応用した当社独自の軽量の視覚認知モデルを開発しました。

視野に入った全てのものを対象に検知～認識するのは異なり、演算負荷を大幅に軽減させることができます。従来、バックミラーやサイドミラーで捉えていた走行する車両の後方情報を、車載の後方カメラでリアルタイムに捉え、後方を走っているクルマを認識。日常見慣れたTV放送と同様の滑らかな動きで把握できます。これまでは、走行する車両用の物体認識技術は、背景と移動体の動きの違いに着目して、接近物体を検出するロジックによるものが主流でした。しかし遠方になるほど、物体と背景の動きの違いが小さくなるので、最大検出距離は30m程度が限界



だったのです。これに対して、私たちは最大検出距離を100mにまで拡大することに成功。0～100mにおける平均検出精度81%という精度を実現しました。さらに、近づいてくる物体が乗用車なのか、トラックなのかまでを識別することもできるのです。

クルマへの組み込みが可能な“Maisart”は、クラウドとのやりとりに依拠しないので、通信環境などの条件に縛られることなく、常にリアルタイム性を発揮。車線変更時などのドライバーを支援します。今後さらに、夜間や悪天候、連続するカーブなどさまざまな走行環境に対応するアルゴリズムへの改良を進め、同時に時系列情報を活用した精度向上などにも取り組んでいきたいと思っています。



■ 音声分離技術

同時発声された複数の人の声を聞き分け、現代の「聖徳太子」を築く。

MERL (Mitsubishi Electric Research Laboratories)
Speech & Audio Group
Senior Principal Research Scientist
Jonathan Le Roux

そもそも私は、ハンズフリー通話などの際に紛れ込んだ雑音などのノイズ要素を除去して、会話者の音声だけを復元する技術に取り組んでいました。そこからさらに駒を進め、音声と雑音だけでなく、例えば雑踏の中などで複数の人の会話が混ざり合い、聞き取りにくいような状況の中から、一人ひとりの声を分離する手法を開発したいと考えました。

この「聞きたい相手の声だけを、聞き取る」という選択的聴取は、「カクテルパーティ問題」と呼ばれ、音声信号処理分野における最大のチャレンジと60年間も言われてきた、音声分離技術の難問です。

この研究は、主にボストンのラボで開発が進められたので、当初アメリカ英語のデータでモデル学習・改善を続けていきました。とはいえ、言語情報ではなく音

声情報を規準としているので、他言語でも分離できることはある程度予測していました。しかし、実際にアメリカ英語以外の複数言語の同時発声を、一人ひとりきれいに分離できたのには、改めて驚かされました。

理論上は、分離する音声の人数に上限はありませんが、現在の手法では改良してもマイク一本(シングルチャンネル)で収録した音声を分離するのは4~5人が限界だと思います。

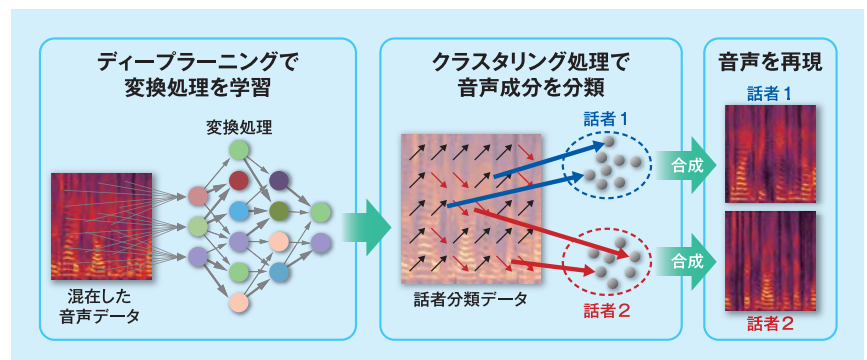
今後、入力の多チャンネル化、ビデオ、言語情報などの付加情報を活用したり、我々が開発している音声認識器との連携を図ることによりこの限界をさらに引き上げることができると思います。目下、さらに複数話者音声認識についての研究を進めています。また自動翻訳や言語理解などのモジュールとの連携を進めれば、国際会議の進行支援や議事録作成などにも活用できるでしょう。

音声分離による発言内容の認識は、



情報技術総合研究所内のショールームにあるデモ設備

車内やオフィス、コンベンションセンター、飲食店や街頭など、人が密集して同時に話すことが多いあらゆる場面で、指示を受けるエージェント(スマートスピーカーや家電の端末、携帯電話、ロボットなど)が、指示者と双方向のやりとりを実行する上で、不可欠な技術です。今後は人間の音声だけでなく、私たちを取り巻くさまざまな音をも分離できるように、音響的な情景を徹底的に解析するための技術改革を進めていきたいと思っています。



■ インテリジェント無線通信技術

無線送信機の高効率化を支え、揺るぎないIoT社会を実現。

情報技術総合研究所
マイクロ波技術部
増幅器グループマネージャー
新庄 真太郎

携帯電話の普及やスマートフォンの進化、ビッグデータを背景としたコンテンツの充実などによって、まもなく5G時代を迎えるモバイル通信ニーズはますます高まりを見せています。またIoTは、工場や倉庫における生産・物流・品質管理、スマートメーター管理や災害発生の予兆検知、情報化施工に基づく重機の遠隔監視や操作、さらに製造現場や建設現場、農場などで働く作業者を転倒や熱射病などから守るための監視、介護現場の見守りなど、さまざまなシーンで今までにない新たな価値を生み出す可能性を広げています。

ここにおいて、無線通信を支える送信機の消費電力節減や小型化が求められています。実際、通信に関わる低消費電力化は思いの外大きく、CO₂削減など地球環境保全に対する貢献度は膨大なものになる、といわれています。

一般に無線送信機は、Wi-Fiや4Gな

どの通信方式に応じた「デジタル信号処理部」、「アナログ回路部」、「増幅器」の大きく3つの要素で構成されています。私たちのチームは、「Maisart」を用いて、送信信号や増幅器の動作条件の制御を自動でチューニング、最適化する技術を確立しました。

ここでポイントとなったのは、増幅器の出力電力と効率、利得の三位一体関係を関数とするアルゴリズムを確立したことです。その過程で、無線送信機からの出力電力や出力電流、出力波形を測定。その結果から機械学習を実施して、デジタル信号処理部から出力される信号や増幅器に与える電圧の最適値を求めていきました。

その結果、増幅器の利得は従来比の2倍、効率もAI導入前に比べて20ポイント向上しました。そのおかげで、低消費電力化を一層加速させることもできたので



す。さらに、動作周波数や通信方式をソフトウェア制御で再構成。1台のデジタル無線送信機で、最大3種類の任意の動作周波数や通信方式に対応。通信機器の小型化やグローバル化に貢献します。

この開発案件は、昔から高周波アナログ回路に強く、多くの実績と知見を積み重ねてきた私たち日本の研究開発陣と、デジタルに強みを発揮してきたアメリカの研究開発部隊の協調で進められました。振り返れば、電話やメール、TV会議や相互に行き来するなど、あらゆる交流機会を通じた緊密な連携体制も、本件の成功を裏づける大きな要因になったのだと思います。

AI

