

三菱電機でのAI技術の現状と今後の展望

Current Status and Future Prospects of AI Technologies in Mitsubishi Electric Corporation



三嶋英俊*
Hidetoshi Mishima

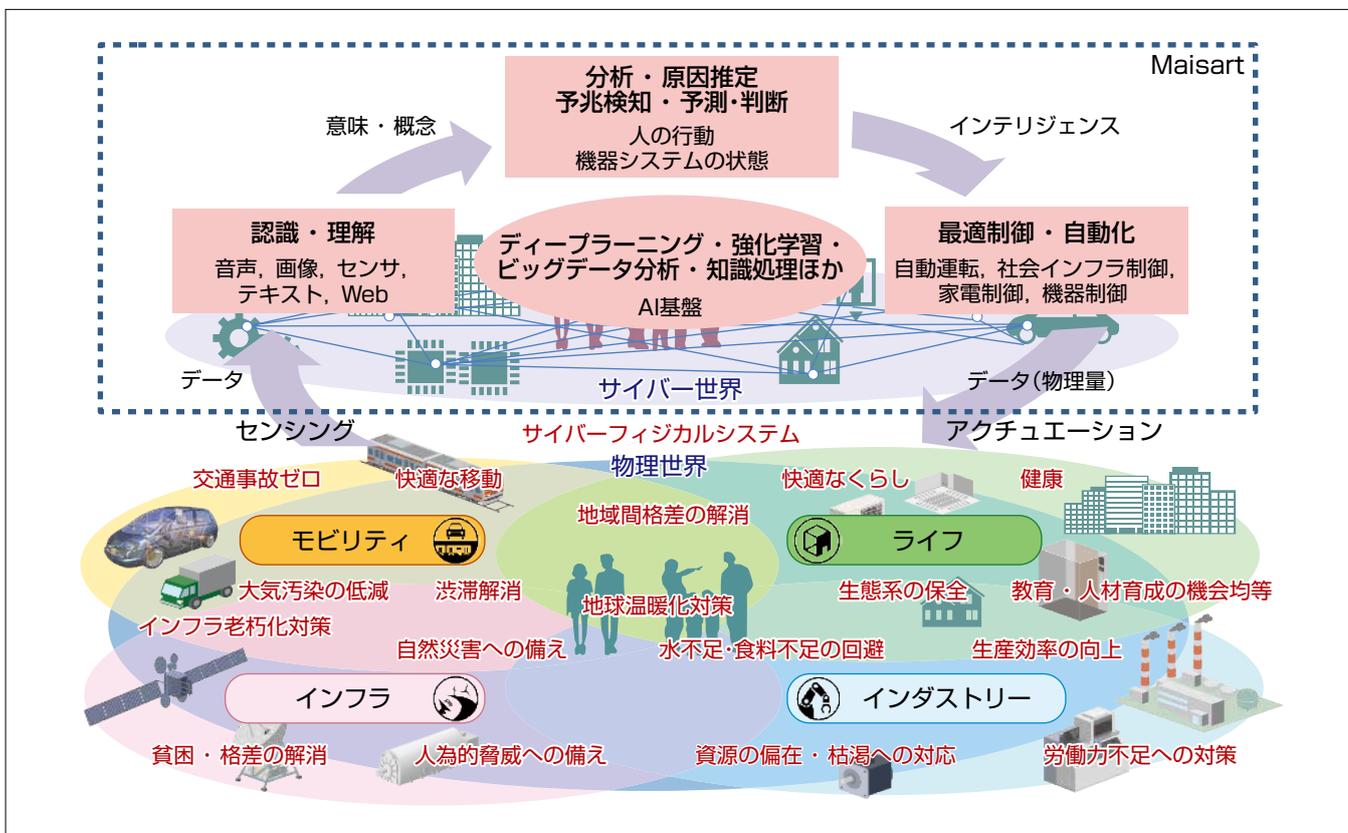
要旨

日本が目指す未来社会の姿として、サイバー世界と物理世界が高度に融合したSociety5.0が提唱されている。この中で様々な社会課題を解決する中心的な技術の一つとして、AI(Artificial Intelligence)(人工知能)技術に大きな期待が寄せられている。

AI技術には、認識、理解などで課題を解決するAI応用技術と、AI応用技術に適用されるAI基盤技術がある。AI基盤技術には、現在のAI隆盛期を迎えるきっかけになったディープラーニング(深層学習)などの機械学習や、機械学習を取り入れたビッグデータ分析、知識処理などがある。AIは膨大なデータから今までの技術では得られなかった規則性を導き出して、物理世界の課題を解決する。しかしながらデータには、欠損や重複、ノイズが含まれ、AIで

得られる結果の成否に大きく影響する。このためAI応用技術ではデータに対して、ドメイン知識を活用してクレンジングや統合、変換を行う前処理を合わせて適用することで、質の高いAIの恩恵を受けることが期待できる。また、AI基盤技術では演算量が多いことが問題である。これまで三菱電機では機器やエッジと呼ばれるローカルな機器群にも適用するために、演算量を削減した独自アルゴリズムを開発し、実用化してきた。今後のAIの更なる普及に向けて説明性向上や公平性の担保などが必要であり、これらの研究開発についても加速していく。

当社のAI技術“Maisart”がサイバー世界に適用され、物理世界の課題を解決する手段として活用されている。



当社のAI技術“Maisart”によるサイバー世界と物理世界とが高度に融合したシステム

物理世界でセンサから収集したデータを、サイバー世界でAI技術Maisartが処理し、その結果を基に物理世界を制御するサイバーフィジカルシステムによって、機器・エッジレベルから人間と同等又はそれ以上の知的な処理で全てのものを賢くし、あらゆる分野の社会課題や顧客課題を解決するソリューションを実現する。

1. ま え が き

現在はもちろん未来の社会に向けて、AI技術は、様々な社会課題を解決する技術群で、中心的なものとして大きな期待が寄せられている。AI技術の社会実装は本格化しており、今や専門紙や経済紙で見ない日はないと言ってよく、一般紙でも様々な開発事例が報じられるようになった。

AI技術には過去二度の隆盛期があった。一度目の隆盛期では現実社会の課題を解くことが難しく、二度目の隆盛期では、膨大な知識情報全てをプログラミングすることが現実的に難しく、それぞれ終焉(しゅうえん)を迎えた。ディープラーニングの登場をきっかけに三度目の隆盛期を迎えた今日、データの中から規則や知識を自動獲得することが期待できるようになった。画像認識コンテストで、従来の機械学習方式で実現してきた認識精度である70%台から、ディープラーニングが10%もの差をつけ他を圧倒し、優勝したのは既に8年前のことである。その後、その認識性能は人間のそれを超えるレベルに達したともいわれている。社会実装が進んでいる昨今の状況下では、過去のような隆盛期の終焉を心配するよりも、AI技術を使うことであらゆるものをより賢くし、社会課題を解決して生活の質を向上させるには何を實現すればよいかを多方面から検討すべきであろう。

当社では、様々なAI技術を技術ブランドMaisartとして広く適用を始め、あらゆるものをより賢くしていく取組みを進めている。AI技術は応用技術と基盤技術に分けられる。

本稿では、AI応用技術⁽¹⁾とAI基盤技術の現状と動向、及びAI技術の今後の展望について述べる。

2. AI応用技術

2.1 様々な分野に活用されるAI技術

日本及び世界を取り巻く環境で、経済発展が進んで人々の生活は豊かになっているものの、解決すべき社会課題は複雑化している。温室効果ガス排出の削減、気候変動に伴う自然災害への対策、高齢化に伴う労働人口の減少への対策など、経済発展と社会課題の解決を両立させるために、日本が目指すべき未来社会の姿としてSociety5.0が提唱されている。これは、サイバー世界と物理世界を高度に融合させたシステムによって実現される。人類を取り巻く物理世界に置かれた多数のセンサからの膨大な情報を集積・解析して物理世界にフィードバックする世界観を呈している。

多様化する社会課題の解決に向け、当社はライフ、インダストリー、インフラ、モビリティの四つの領域で、グループ内外の力を結集した統合ソリューションを提供し、

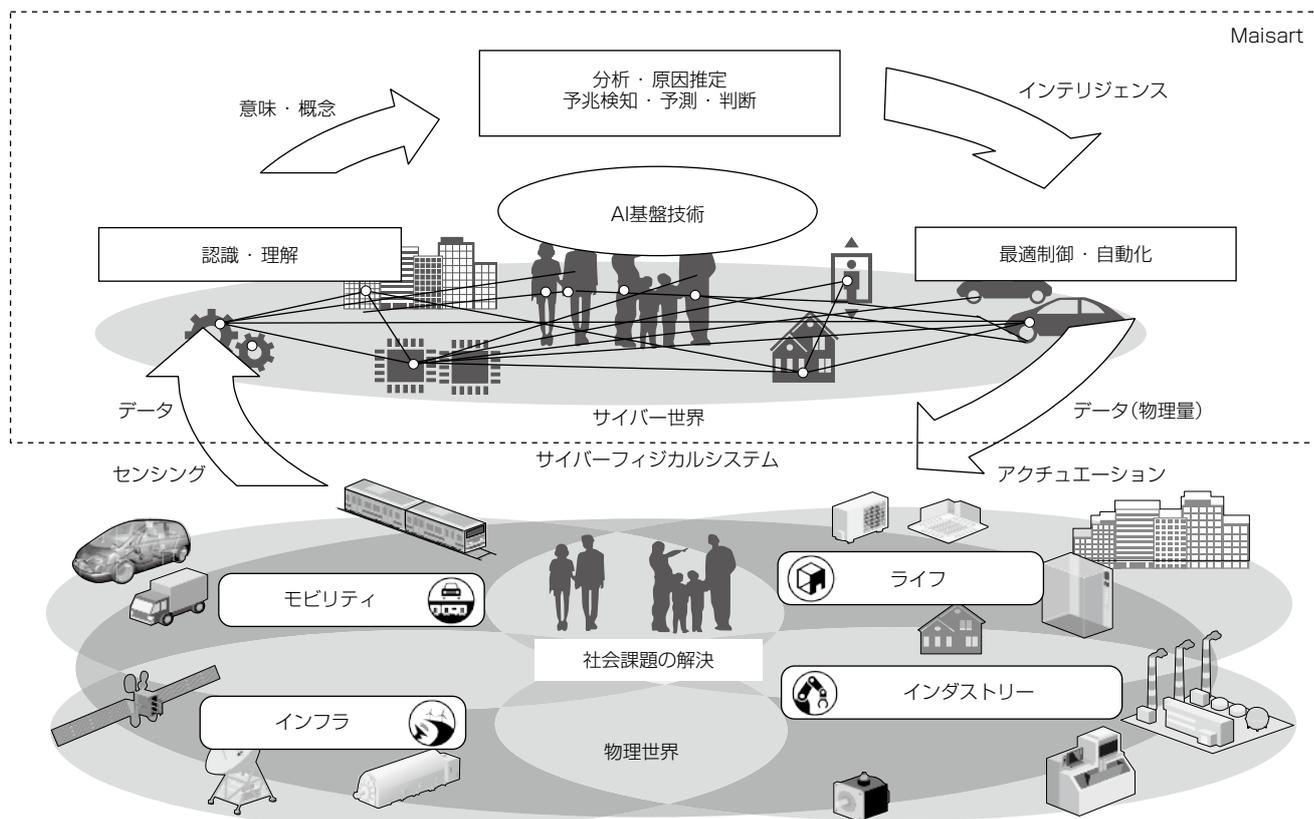


図1. 社会課題を解決するAI技術

表 1. 当社の主なAI活用事例と関連するAI応用技術

領域	機器／システム／サービス	概要	応用技術
ライフ	HEMS	天気予報と太陽光発電実績を基に発電量を予測するAI“お天気リンクAI”でエコキュートの昼間余剰電力を活用した昼間わき上げ量／夜間わき上げ量の制御	分析、予測
	ルームエアコン	“ムーブアイ mirA.I.+”が住宅性能・日射影響に基づく体感温度の変化の予測、及び気流の到達先の微細な温度変化から風の流れや強さを予測し、一人一人に合わせた快適をお届け	分析、予測、最適制御
	業務用空調	学習した過去の運転データから複数台の空調機の最適な起動時刻を個別に自動設定、無駄の無い予冷・予熱運転	分析、最適制御
	kizkia	カメラ映像上の特定の“ヒト・モノ・コト”をリアルタイムかつ自動的に検知して通知するソリューション	認識・理解
	M's BRIDGE	各エレベーターの使用状況に基づく最適な保守のタイミングや、機能維持に必要な修理内容・時期を予測	分析・原因推定、予兆検知・予測
インダストリー	ファイバレーザ加工機	加工中の音と光からAIが加工状態を判断。加工条件を自動調整する“AIアシスト”を搭載することによって、“止まらない加工機”を追求	分析、判断、最適制御・自動化
	リアルタイムデータアナライザ	類似波形認識技術によってセンサ波形などのデータを学習・認識し、生産設備でのリアルタイム診断時の異常兆候検知精度を向上	分析、予兆検知
	産業用ロボット知能化機能	メンテナンス時期の決定を支援する“予知保全機能”と“力覚制御の拡張機能”を追加、タクトタイム及びシステム立ち上げ時間を60%短縮	認識、予兆検知、最適制御・自動化
	形彫放電加工機加工計画精度向上	適応制御技術、加工条件生成機能を標準搭載して生産性向上を実現。加工終了時間の予測機能によって前後工程間で発生する段取りの時間ロスを削減	分析、予測
	作業者動作分析	人のわずかな動作の違いも見つける行動分析(事前学習不要)。カメラ映像から骨格情報を抽出・分析して、特定動作を自動検出	認識・理解、分析
インフラ	河川水位計測	高感度フルハイビジョンセンサによって、昼夜を問わず高精細な画像を取得して目視と同等の水位のリアルタイムの連続観測を実現	認識・理解
	発電プラント異常兆候検知	正常運転時のデータのふるまいを学習し、学習した運転データパターンと計測値が異なった“いつもと違うふるまい”を検出(Infoprism APR)	予兆検知・予測・判断
	自動化ソフトウェア	レーザ点群とカメラ画像データから、標識・道路標識などを抽出して高精度三次元地図を効率的に作成・更新	認識・理解
	短波(HF)レーダ	海の継続的な監視や不審船の検出の際、不要波がレーダの目標検出性能を低下させる要因になるため、不要波と目標を識別することで目標を正しく検出	認識、分析
モビリティ	運転者状態監視(DMS)	近赤外線カメラで運転者の顔の向きを検知して、脇見運転や居眠りを警告。脈拍をセンシングして運転者の体調急変などの検知技術を当社のコンセプトキャビン“EMIRAI S”に搭載	認識・理解
	電子ミラー	電子ミラーで、後方から接近する物体を早期に検出すると同時に種類を識別し、ドライバーに注意を促すことで車線変更時などの事故防止に貢献	認識、分析
	自動運転	人間が操作するモビリティと同じ空間で、自動で移動制御する技術を実現。人が操作するフォークリフトとAGV(無人搬送車)の間の協調した運転が可能	認識、予測、最適制御・自動化
	鉄道車両メンテナンス	鉄道車両の様々な情報をリアルタイムに収集・分析することで、点検・検査・修繕などのメンテナンスの効率化や鉄道事業者間のデータ活用などを支援	分析、予兆検知

HEMS: Home Energy Management System, HF: High Frequency, DMS: Driver Monitoring System

持続可能な社会の実現に貢献している。当社がAI技術ブランドとして展開しているMaisartは、このサイバー世界で稼働し、物理世界に対して課題を解決する手段として活用されるものである(図1)。

当社のAIの主な活用事例とAI応用技術について表1にまとめる。認識・理解、分析・原因推定、予兆検知・予測・判断、最適制御・自動化などのAI応用技術は、図1に示した全ての工程を経ずとも物理世界に資するものになる。AI応用技術は、様々な領域で社会課題を解決するものであるが、スマートシティのように四つの領域にまたがる分野に対して多くの課題を解決していくことが期待される。

次に、各領域で活用される当社のAI応用技術の代表的な事例について述べる。

2.1.1 ライフ領域でのAI活用

調理・空調・給湯などを全て電気で賄っているオール電化は、高齢者に安心な住宅設備としてガスより好適であり、安心な高齢化社会の実現に寄与している。また、CO₂を排出しない太陽光発電システムとの組合せで、節電効果も期待できる。さらに当社では、創った電気をできるだけ使う

という観点から、天気予報を用いてエコキュート(注1)の昼間わき上げ量／夜間わき上げ量を制御する“お天気リンクAI”を製品化している。これは太陽光発電量をAIで予測するものであり、このケースのAI応用技術は、分析・予測技術である。

(注1) エコキュートは、関西電力(株)の登録商標である。

2.1.2 インダストリー領域でのAI活用

生産性の向上は、ものづくり現場の共通の要求である。これに対応するため、止まらない設備が必要とされる。生産現場で加工機は重要な位置付けにある。例えば、レーザ加工機は加工対象の材質、板厚、表面状態、含有元素などのばらつきによって熟練者が経験に基づき加工条件を微調整する場合がある。生産に占める生産準備作業と呼ばれる工程の割合が高くなるほど、この微調整の時間を減らす必要がある。当社は、長年培ったレーザ加工機の知識を活用し、この微調整に適用する機械学習技術を開発した。熟練者よりはるかに早く調整し、高精度かつ安定に動作させる技術で“AIアシスト”機能を実現した。このケースでのAI応用技術は分析、判断、最適制御・自動化技術である。

2.1.3 インフラ領域でのAI活用

近年は気候変動による自然災害が増えており、豪雨による河川の氾濫で人命が失われることも増えてきている。対応策として、河川水位を正しくリアルタイムに把握することは極めて重要である。河川には監視カメラが取り付けられており、これを活用した画像式水位計測装置を当社グループで製品化している。カメラ画像から水面の領域を認識して水際線を理解し、水位を計測するものである。このケースでのAI応用技術は、認識・理解技術である。

また、この技術を更に深化させ、港湾施設、沖合空港の建設で必要になる躯体を地中又は海中に、下部を掘削しながら徐々に沈める工事に使われるニューマチックケーソン工法で、土砂境界を推定し、工事の安全性を高める技術を鹿島建設㈱と共同で開発した。

電力インフラでは、電力を供給し続けられないと社会的に大きな損失が生じる。そのため異常兆候をいち早く察知し、供給する電力量を維持するための対策を講じる必要がある。そこで、発電プラントのセンサデータから異常の兆候を抽出する“INFOPRISM APR”を製品化した。このケースのAI応用技術は、予兆検知・予測・判断技術である。

2.1.4 モビリティ領域でのAI活用

交通事故の減少に向けて自動運転と運転支援の実現が求められている。自動運転にAI技術が使われることは言うまでもないが、運転支援にもAIが活用されている。交通事故の減少のためにドライバの前方不注意を避けることが重要であり、当社はドライバの状態をモニタリングするDMSを開発した。このケースのAI応用技術は、認識・理解技術である。

2.2 AIの活用に向けたデータの重要性

三度目の隆盛を迎えたAI技術はデータの中から規則性を見いだすものであるため、AI技術の活用のためには、

良質なデータを多く集める必要がある。しかし、解決したい課題に関わる要因とまったく関係ないデータばかりが集まっても規則性は見いだせない。また、データが欠落していることなどによって効果が得られないことも多く、AI活用の“落とし穴”になっている(図2)。このことに留意してAIを活用していけば、従来の技術では解決できなかった課題に対して有効な規則性が見いだせる。準備したデータに欠損や重複、ノイズが含まれていることも多く、クレンジングし、場合によっては統合する、又は変換することも、AIによって導き出される結果の質の向上に重要な前処理の工程である。このようにデータを扱う際には、その分野に応じた知識(ドメイン知識)を活用することが、AI技術の成否で非常に重要である。また、網羅性が確保され、偏りが少ないようなデータであるほど、質の高い結果を導き出すことができる。この前処理を含めてAI応用技術を適用することで、質の高いAIの恩恵を受けることが期待できる。

3. AI基盤技術

3.1 AI応用技術を支える基盤技術

2章で述べたAI応用技術に適用するAI基盤技術として、1章で触れたディープラーニングのほか、機械学習の一つである強化学習や、機械学習を取り込んだビッグデータ分析、知識処理を挙げる(図3)。

ディープラーニングは主として、認識・理解と分析・予測のAI応用技術に有効なAI基盤技術である。また、ディープラーニングを使うとしても、画像認識に対応する場合には畳み込み構造のネットワーク構造が有効であることが多く、時系列データでの異常兆候の分析に対応する場合には、再帰型のネットワーク構造が有効であることが多いと言われている。機械学習を取り込んだビッグデータ分析(ここでは、統計解析に加え、機械学習を取り入れて正常モデルを学習する基盤技術を指し、狭義な分類として表

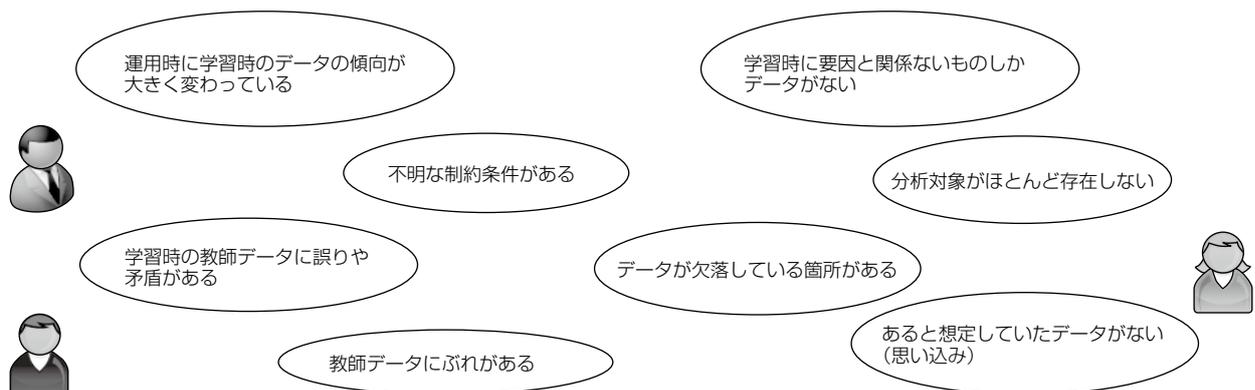


図2. AIに関するデータ収集の落とし穴

機器・エッジをスマート化するAI技術を開発
～演算量を削減して機器・エッジへ搭載～



図3. Maisartの応用技術(下段)と基盤技術(上段)

現している)は、主として、分析・原因推定と予兆検知・予測のAI応用技術に有効なAI基盤技術である。このことから異常兆候抽出の応用技術に使用されることが多い。知識処理は、有向グラフで表現される知識ベースを使って演繹(えんえき)的推論するものであるが、これは統計的因果推論と並び原因推定のAI応用技術を構成する重要なAI基盤技術である。また強化学習は、最適制御や自動化の応用技術に有効なAI基盤技術である。

これらは代表的なAI基盤技術として取り上げたが、もちろんこれらに限らず、AI応用技術を支える基盤技術としての機械学習技術は数多くある。機械学習の内部パラメータの複雑さや、AIが解くべき課題によって、最も高い性能が簡単に得られる基盤技術が異なることもある。例えば、AI基盤技術で挙げたディープラーニングより、もっとレガシーな機械学習を使った方が、早く良い成果が出る場合もある。それぞれ解決したい課題に応じて、最適な基盤技術を適用することが、AIの活用には重要なポイントになる。

また、世界中の現場のデータを全てクラウドに上げることは難しいため、Maisartでは、機器やエッジでデータを収集して前処理も含めてAI基盤技術を適用できるようにし、機器やエッジのレベルから、全てのものをより賢くすることを可能にする。このために、演算量を削減する独自のアルゴリズムを開発してきた。また、2.2節で述べたように当社のドメイン知識を活用して性能を上げるAI技術もMaisartである。もちろん、演算パフォーマンスの高いGPU(Graphics Processing Unit)を用いれば、機器やエッジに搭載できる。しかし、同程度の性能を実現するために、必要のない演算を省くことは演算のためのエネルギー消費を抑えることに貢献する。AIがあまねく普及す

る社会を目指す上で、エネルギー消費の増加が引き起こす社会課題に対して、より有用な技術であると言える。

もちろん、機器やエッジだけでなく、クラウドへ実装する場合にも有用であることは言うまでもない。クラウドとは言え、演算リソースは有限であり、クラウドサーバの消費電力量を削減することは重要である。

3.2 AI基盤技術の動向

AI基盤技術はグローバルに研究が続けられており、今後も更なる深化を続ける。ディープラーニングでも学習の仕方に更なる工夫がなされて、マルチタスク学習や、学習の仕方を学習するメタラーニングなど、学習に必要なデータを少なくできそうな技術の研究が進んできている。また、画像などのデータを生成できる敵対的生成ネットワークもその深化が期待される。強化学習、ビッグデータ分析、知識処理も含めて主な動向を図4にまとめる。

4. AI技術の展望

AI技術には米国と中国を始めとして世界中で巨額の投資がなされており、日々急速に進化している。その一方で、英オックスフォード大学のオズボーン准教授らによる“10～20年以内に米国の総労働者の仕事の47%が自動化される可能性が高い”との公表や、米国のレイ・カーツワイル博士による“2045年までにはシンギュラリティに到達する”との予測から、2045年までに人間の仕事の多くがAIに奪われ、失業者が増加するのではといった議論が行われている。このような状況の中、2017年頃から国内外の様々な政府機関等で、AI技術の研究開発や利活用に関する規程や指針の策定が進められている。

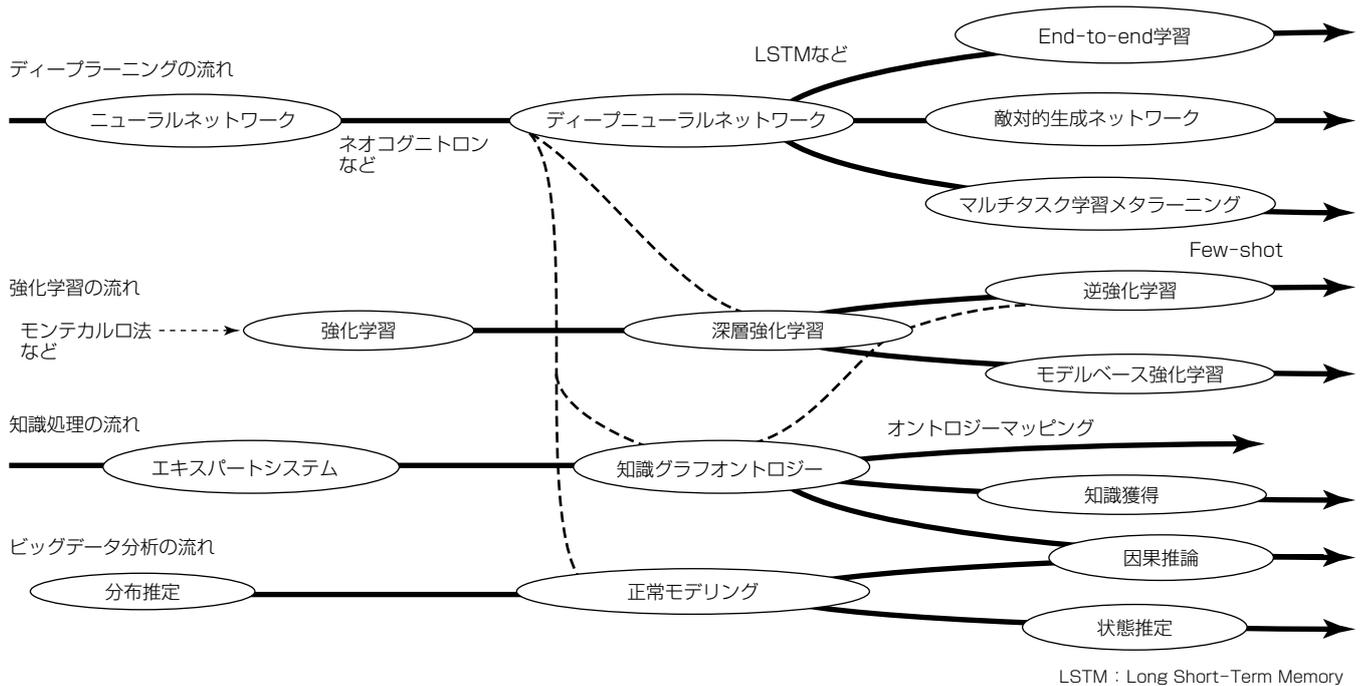


図4. AI基盤技術の研究開発動向

日本と欧米で共通に掲げられている3点を紹介する。一つ目としては、AIが人間や社会にとって有用なものであるために、人間の社会的・道徳的規範に相反しないことが求められている。二つ目は、安全性の確保が挙げられる。三つ目は、AIをブラックボックス化しないための判断根拠についての“説明責任”とその判断での“公平性”の担保である。特に三つ目については“今後ディープラーニングのモデルの説明責任、また分析された結果が公平であるかどうかということ問われるだろう”と多くの研究者から指摘されている⁽²⁾。

“説明責任”については、例えば画像診断などで利用されるディープラーニングを医療画像診断に用いる場合、AIは人間をしのぐ能力を見せている。一方で、正解が導出された理由が不明な場合がある。AIの普及に伴い、AIの“ブラックボックス化”は問題とされており、これを解消することが重要になる。AIの説明性に対する取組みとしては、米国のDARPA(国防高等研究計画局)が、説明可能なAIの実現を目指して、XAI(eXplainable AI)の研究プログラムを2016年から進めている。現在では、ディープラーニングで活性化されたノードを可視化して、AIが注目している箇所を表して説明性を向上させる研究が進んできている。この研究分野は、知識処理を合わせて、より幅広い分野で適用されるものになっていくであろう。

“公平性”というのは、AIによって導き出された答えが、公平であるかどうかという問題である。例えば、人材の採用にAIを活用する場合に学習モデルを作成する際のデータに偏りがあると、その判断過程に特定の人の採用に対し

て差別が生じてしまうということが起こり得るので、AI自らが“公平性”を担保することは難しい。AIが出した答えの公平性を外から監視する仕組みがシステム化されるであろう。

5. む す び

AI技術は、様々な社会課題を解決する有力な技術群の一角をなすものとして、大きな期待が寄せられており、その社会実装が進む中、AI応用技術とAI基盤技術の現状と動向、及び今後の展望について述べた。しかし、データがそろっていたとしても、解決する課題が明確でないと課題を解けないことも多い。AIに対する過剰な期待から、曖昧な課題を設定してしまうと、そのデータから得られる規則性と課題との関係が明確にならず、良い結果が得られないケースがあることを最後に付け加えておく。

当社の独自AI技術Maisartは既に様々な製品に搭載されており、その成果がR&D100や十大新製品賞を受賞するなど、高く評価され始めている。当社はこれからもAIの研究開発を更に進め、新たな価値を創出し、社会課題や顧客課題の更なる解決に貢献する。これによって、全てのものを賢くして、超スマート社会を実現する。

参考文献

- (1) 三嶋英俊, ほか: 機械学習・人工知能業務活用の手引き~導入の判断・具体的応用とその運用設計事例集~, 情報機構, 158~163 (2017)
- (2) 瀬光孝之, ほか: 機械学習モデルの解釈性に関する最新動向, 電子情報通信学会誌, 102, No.10, 973~977 (2019)