

□Autonomous(オートノマス)とは

「オートノマス」とは、日本語で言えば「自律あるいは自律型」となる。

「自律／自律型」なので、外部状況に応じて機械自らが手順や判断基準を見つけ出して実行する。即ち、人間が介在することなく様々な状況を把握し、仮説検証しつつ最適な方法を選択・判断して自ら実行する、即ち自律的に決められた目標に向かって行動、実施すること。

Autonomous の言葉自体はロボット関連研究分野で良く利用される言葉であり、技術的には次に説明する Automation の上位概念となる。なお、関連語として Autonomy(自律化)がある。

□Autonomous(オートノマス)と Auto(自動)の違い

オートノマスに対してオート (自動) やオートメーション (自動化) は、プログラム化された決まった作業内容を外部からの力なくして自動的に同じ作業を繰り返すもので、実施主体には自身でコントロールすることや、外部変化への対応は行わない。例えば同じ作業目的であっても、作業の順番を変えた場合は実施環境が変化するので、自動化では対応できなくなる。

Autonomous や Automation は人工知能や制御技術等の基本の上に立って実施されるが、技術レベル的には Autonomous は Automation の上位技術となる。Autonomous では自立しての判断が求められるが、Automation では決まった作業をこなすだけで、環境や状況の変化には対応／追従できない。

□Autonomous(オートノマス)の実施関連技術

自動化マシンは機械の自動実行を実施するためのコントローラーとして働く手順中心の人工知能関連技術が中心となる。これに対して、より高度で、ある程度自律的な動きや判断を要する自律型マシンは、自動化マシンよりもさらに高度な人工知能技術が必要になる。

高度な人工知能だけでなく、人工知能の判断や実施手順、精度の決定に必要な極めて信頼性の高い情報や、周辺環境の変化を細かく人工知能に知らせるためのセンサー関連技術の高度な発展が求められる。

□Autonomous (オートノマス) の適用形体

オートノマスの適用分野は、基本的に総ての分野において展開できる。単純な自動化を、定められた目的に従って、周りの環境や実施状況の変化に対応しながらあらかじめ決められた最終目標を目指し、作業実施過程における様々な変化に対応しつつ実施する。

以下に化学分野を中心にした時の適用分野を簡単に示す。

○Autonomous Drug Design (オートノマス創薬)

○Autonomous Toxicology (オートノマス毒性学)

○Autonomous Computational Toxicology (オートノマス計算毒性学)

○Autonomous Material Design (オートノマスマテリアルデザイン)

○Autonomous Organic Reaction (オートノマス有機合成)

○Autonomous Chemistry (オートノマス化学)

○Autonomous Biotechnology (オートノマスバイオテクノロジー)

この他にも Autonomous (オートノマス) の適用分野は多数考えられるが、個々の分野での特性を吸収した形での展開が必要となる。

例えば化学分野では化合物を扱うことが必須な分野であるが、このアナログで表現されてきた化合物をコンピュータに入力するデジタル情報への変換が必要である。この扱いを誤れば、高度な人工知能や化学データサイエンス実施自体の信頼性を失うことになる。

関連資料 1 :

<https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1709/28/news025.html>

自動化と自律化の違いについての関連記事が掲載されているので、以下に抜粋する。

「自動化と自律化の違い」

◇ 「自動化 (Automation)」

これまでも人間の与えた手順や基準に従って、人間が介在することなく実行する「自動化 (Automation)」の取り組みは、行われてきました。自動化の段階を追って整理すると次のようになります。

繰り返し: 給与計算、部品表展開などの単一作業、すなわちルーティンワークの自動化。同じ作業の繰り返しで、単一の作業手順に従う。

ルール: 生産管理、販売管理、工程管理などの連続する一連の作業で、ルールに基づく作業の自動化。状況に応じて条件分岐が行われ、処理手順に一定の範囲でのバリエーションが与えられる。

最適化: 状況の変化をセンサーやログによって収集し、人間の与えた基準で最適条件を見つけて実行させる自動化。あらかじめ想定される範囲や基準に基づくもので、例外的な状況については人間が判断する。

◇ 「自律化 (Autonomy)」

AI の技術の発展は、**機械自らが手順や判断基準を見つけ出し、人間が介在することなく実行する「自律化 (Autonomy)」**を実現しようとしています。自律化の段階を追って整理すると次のようになります。

判断: 機械学習や認知機能によって未知の状況にも対応し、最適な条件を見つけ出し、自ら判断して実行する。

発見: 過去の事実と照らし合わせて、新たな事実を見つけ出す。

発明: 発見した事実を組み合せ、過去になかった創作物をつくり出す。

現在、AI の技術は、ある限られた範囲で自律的に判断するレベルに差し掛かっている段階ではないでしょうか。AI に関わる技術の発展は、将来、発見や発明などのより高度なレベルへと可能性を広げていくかもしれません。

原著に掲載されていた関連図：

自動化と自律化の領域



湯田の考察：

上手からわかるように、**自動化**はコンピュータが得意とする、繰り返し、安定性、高速、持続性等の機能を最大限に発揮することで実現されていることがわかる。

自律化はコンピュータが得意というよりも、人間がその特徴とする、より創造的かつ判断を伴う事象に強く関与することがわかる。この部分にコンピュータを適用するには、現在展開されている技術を大幅に強化し、従来は苦手とされていた機能の強化が必要となる。

関連資料 2 :

先の関連資料のホームページでの「自動化」と「自律化」に関する別の記事です。

<https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1610/24/news015.html>

人工知能の進化などで IT は「自動化」から「自律化」へ向かっているといわれています。今後の変化を見据えるこの 2 つのキーワードについて、違いと進化のプロセスを整理しておきましょう。

IT は、これまで、**プログラムされたやり方をその通り確実にこなしてくれる“自動化 (automatic)”** への取り組みを進めてきました。しかし、人工知能の機能や性能が向上する中、**自分で学習し、独自にルールを作り、仮説検証し、状況を把握して最適な方法を選択・判断して自ら実行する“自律化 (autonomous)”** を実現する取り組みも進んでいます。

例えば、目的地を指定すればドライバーが運転する必要のない自動車、配達先を指定すれば荷物を届けてくれる無人航空機、基本的な作業手順を教えれば自ら試行錯誤を繰り返して作業スキルを高めてく産業用ロボットなど、自律化の機能を備えた機械「スマートマシン」が続々登場しています。

Photo

自動化とは、人間が体験から仮説を立てて検証し、ルールを定義して実行させる仕組みです。その手順は、人間が経験から得た知見に基づいてアルゴリズム（問題を解決するための手順や計算の方式）を考案し、これに基づいてロジックを組み立て、人間がプログラムを作成します。そして、そのプログラムを実行させることで自動化が実現します。

もっと作業の効率を高めたい、品質を良くしたいとなると、どうすればそれができるかを人間が試行錯誤を重ね仮説を立て、プログラムを改善することで対応します。

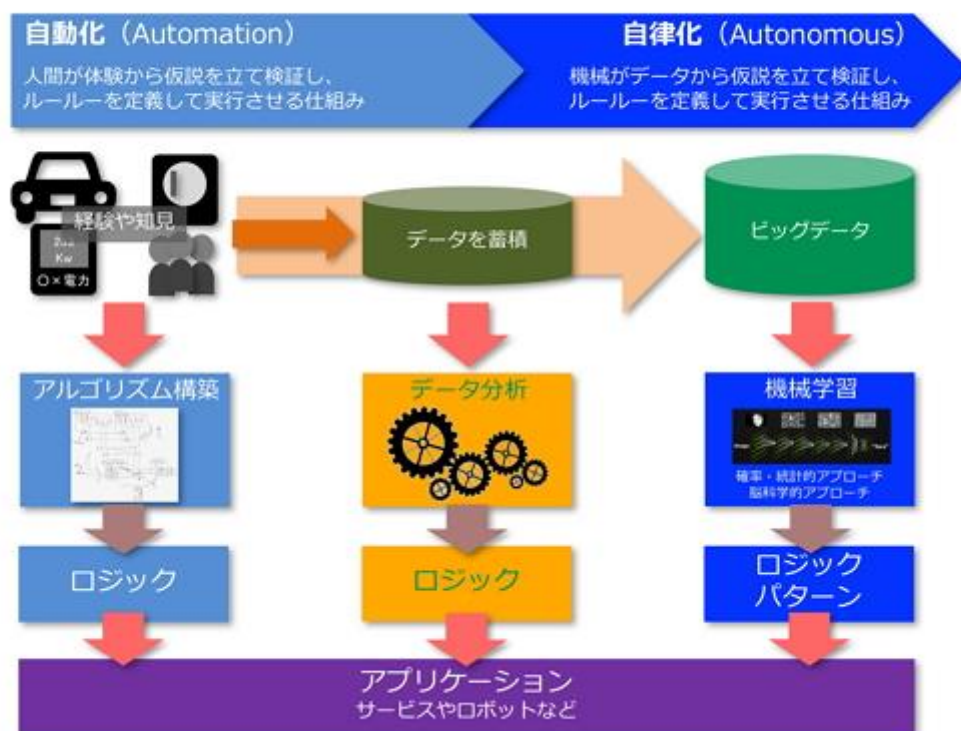
このような自動化の仕組みを使うことで、さまざまなデータが蓄積されていきます。そのデータを分析することで、人間の経験や勘にだけ頼るのではなく、データの裏付けがある規則性やロジックを見つけ出せるようになります。そのロジックを人間がプログラムにして実行させることで、処理手順を洗練させたプログラムを作ることができます。

さらにデータを分析し、そこ潜む規則性や最適なロジックを自動で見つけ出す「**機械学習**」の技術を使うことで、**機械は自ら処理の手順を改善し、能力を高めていくことができるようになります**。これが**自律化**です。人間が仮説を立て、手順を作り、プログラムを作って、その通り実行させるのではなく、状況に応じて自ら判断して適応してくれるのです。

ITは今、「自動化から自律化へ」とステージを移そうとしています。その一方で、かつて自動化によって単純労働者の雇用が奪われたように、自律化はより高度な知的労働者の雇用をも奪うのではないかと懸念の声も聞かれます。

しかし、ITが自動化から自律化を目指す流れにあらがうことはできません。ならばこの流れとうまく付き合っていく方法を考え、新たなビジネスの可能性を見いだしていく必要があるでしょう。

「自動化」から「自律化」への進化



関連資料 3 :

先の関連資料のホームページでの「自動化」と「自律化」に関する記事ではありませんが、自動化と自律化の基本技術である「人工知能」とその基本作動原理の「機械学習」に関する別の記事です。

<https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1609/12/news045.html>

「人工知能と機械学習の違い」

1956 年にダートマス会議で「やがて人間の知能は機械でシミュレーションできるようになる」との考えが提唱され、これが Artificial Intelligence (AI : 人工知能) と名付けられました。しかし、AI という言葉の定義が厳密に行われたわけではなく、研究者ごとにさまざまに解釈され、それぞれに異なるアプローチで研究が進められることとなります。

その 1 つは、「AI の目的は、人間の知能の仕組みを理解するためにコンピュータを活用しよう」というものでした。つまり、人間の脳で行われている知的活動の仕組みを解明し、その仕組みの通りにコンピュータ上のソフトウェアで再現しようというわけです。

もう 1 つは、「AI の目的は“知的”なことができるソフトウェアを作ろう」というものでした。そのためには、手段として人間の脳の仕組みとは違ってよいので、とにかく利用者から知的だと思ってもらえるソフトウェアを実現し、利用者の知的作業を支援したり代替したりできるようにしようというのです。

前者は「強い AI」、後者は「弱い AI」と呼ばれることがあります。実際には、この 2 つのアプローチが互いに影響を与えながら発展を続けています。

AI が取り組もうとしている分野は多岐にわたっています。人工知能学会の説明には、次の 18 の分野が紹介されています。

遺伝アルゴリズム、エキスパートシステム、音声認識、画像認識、感性処理、機械学習、ゲーム、自然言語処理、情報検索、推論、探索、知識表現、データマイニング、ニューラルネットワーク、ヒューマンインターフェース、プランニング、マルチエージェント、ロボット

関連資料 4 :

本記事は、東芝が展開する物流倉庫や工場で利用される搬送ロボットに関する記事です。搬送ロボットも「自動型」から「自律型」に変化しつつあることの報告です。

<https://www.toshiba-clip.com/detail/p=6653>

自律移動ロボット「AMR」と見る未来 ～労働力減少の課題解決を目指して

労働人口が減少する中、物流・製造現場で進む「次の」自動化!?

自分の位置と、向かう先が分かる自律搬送ロボットが実装間近?

レーザー、メカナムホイールなど先進技術に加わる、ものづくりの DNA

「ガイド付き自動」から「自律」へ ——次世代移動ロボット・AMR が現場を変える

「物流・製造現場では、膨大な物量の運搬や、高所作業など人間の作業をロボットに置き換えることが求められています。労働人口が減少する中、現場の改善は今すぐに、という思いがありました。コロナ禍でさらに負荷がかかる中、ロボット技術で社会に貢献できれば——そんな思いが、私たちを支えています」

そう開発の経緯を語るのは、生産技術センターで開発リーダーとしてプロジェクトを推進する森氏。従来、製造・物流現場では人間が荷物を台車などで運んでいた。自動化やロボット導入が進む製造現場でさえ、「運ぶ」という作業は人力に頼ることが多い。「運ぶ」を自動化できないか——そのニーズに応えるべく、多くの企業が AGV (Automated Guided Vehicle: 無人搬送車) の開発・競争に参入している。

AGV は荷物を所定の位置へと運ぶべく、床の磁気テープを追跡したり、床や壁に設置されたマーカーを読み取ったりして、決められた手順で自動走行する。そのため、経路を変更するにはテープやマーカーなどのガイドを設置し直す必要があり、柔軟な運用には限界がある。そこで注目されているのが、ガイドなしに自律的に動いて荷物を運ぶ AMR (Autonomous Mobile Robot: 自律移動ロボット) だ。物流・製造の現場では、どのようなニーズから「自律」ロボットが待望されているのか。

「品物の収納や取り出しが自動化された倉庫など、無人や全自動で稼働するような状況では AGV が適しています。一方、人とロボットが作業を分担し、作業を徐々に変化させるなど、ゆるやかに自動化が進むのが製造・物流の現場です。状況に応じて柔軟に移動・搬送し、人と協働して力を発揮する——そんな AMR を思い描きながら開発、研究に取り組んでいます」(森氏)

従来の自動搬送台車(AGV) : 決められた搬送の繰り返し

× レイアウト変更への容易な対応

× ガイドテープ上の障害物回避

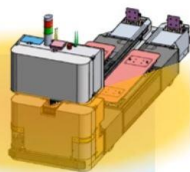
× バラバラに置かれた荷物へのアクセス



現場状況に応じた柔軟な搬送

ガイドテープ不要でかしく正確に動く

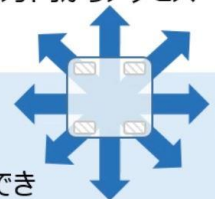
自律移動エンジン



変動の多い現場や
テープ設置できない現場でも柔軟に対応

全方向への移動であらゆる方向からアクセス

安定搬送技術



狭い場所でも自由に移動でき
バラバラな荷物でも止まらずアクセス可能

AMR は自らが「どこにいるかの位置」を認識し、「向かうべき先」へ自律移動する。位置認識にはカメラ方式とレーザー方式があり、本プロジェクトでは水平スキャンを行う走査型のレーザー距離センサーを採用した。これは、レーザーで壁や柱などを読み取って地図を作成し、その地図中で自らの位置を認識するものだ。

「カメラは前方を面で捉えることができますが、視野角は限られます。一方、レーザーだと水平方向に限られますが 270 度の視野を持ち、周囲の環境を広く捉えられます。さらに、レーザー距離センサーのデータは効率よく計算でき CPU への負荷を抑えられるので、複数のセンサーを同時に使ったより広い視野を処理することも可能です」

目的の場所に到達した後、停止位置の調整誤差は±10mm。ここでは、カメラを使用して高精度に位置を決める。移動と停止——目的に応じてレーザーとカメラを使い分け、さらに長年のロボット開発で培ってきたデータ処理がバックアップ。ハードとソフトの融合により、現場ニーズを満たす AMR を実現している。それだけではない、他社に先駆けて実装した新機構もある。ハードウェア開発を担当した寺田氏に聞こう。

また、ロボットの台数が増えても混乱を来さない。これは、運行管理システムの同時制御、柔軟さによるものです。さらにログを検証すると、ロボットの待ち時間や滞留しがちな場所を可視化できます。さらなる導線の改善、ロボットの最適な運用シフトを設定できるでしょう」(森氏)