

AIのテクノロジー 自ら学習し判断する汎用AIの実現

森脇 紀彦
Moriwaki Norihiko

秋富 知明
Akitomi Tomoaki

工藤 文也
Kudo Fumiya

嶺 竜治
Mine Ryuji

守屋 俊夫
Moriya Toshio

矢野 和男
Yano Kazuo

企業に蓄積されているビッグデータやIoTによって取得されるデータを活用して新たな経営価値を生み出そうとする動きが高まっている。その中でも、コンピュータ処理能力を最大限に利用して大規模データをよりインテリジェントに活用するためのAI技術が注目されている。

われわれは、大量データを活用してさまざまな最適化・判断を自動化し、企業のアウトカム向上に貢献する「Hitachi

AI Technology/H」を開発している。

本稿では、まずAI技術の動向と分類を述べ、次にわれわれが開発した「Hitachi AI Technology/H」のコンセプトと基本原理を説明する。さらには、さまざまな産業分野への適用可能性を通じて、複雑問題を解き明かす汎用AIとしての可能性を述べる。

1. はじめに

企業に蓄積されている大量のビッグデータやIoT (Internet of Things) によって収集される新たなデータを活用して、自社のオペレーション改革や新たな顧客向けサービス創出などの経営改革を行う動きがあらゆる産業において活発化している。しかし、データの規模が増大すると人間の仮説検証に基づく従来手法ではもはや人間の認識限界を超えるため、データの有効活用は困難となる。よって人間に代わる知的なアルゴリズムを用いることで大規模データからの価値抽出を自動化するAI (Artificial Intelligence : 人工知能) が必要となる¹⁾。さらには、自ら学習を重ねて知能を獲得するAIに対しても期待が高まっている。

本稿では日立が提唱するHitachi AI Technology/H²⁾ (以下、Hと記す。)のコンセプト、基本原理、および多様な産業分野への応用可能性について述べる。

2. AI: 新たなコンピュータ活用

2.1 データから学ぶコンピュータへ

従来のコンピュータおよびビジネスアプリケーションの一般的な役割は、事前に定義された機能の実行およびビジネスプロセス自動化である。つまり、設計者(人間)が事前に想定する機能を設計し、これに従ってプログラムをコーディングするという開発フローに従って提供される。

今後、コンピュータは性能向上と低価格化が進むにつれて、固定的な処理ではなく、より知的な処理が可能になっていくと想定される。具体的には、IoTなどのセンシングをはじめとした多様なデータ種別の入手性、ウェアラブルデバイスやヒューマノイド型ロボットなどのフィードバック対象の拡張などの技術進展とも相まって、コンピュータはデータの変化に柔軟に対応する、つまり「経験から学ぶ」ことが可能になる(図1参照)。知的なコンピュータ処理に関しては、1980年代からAI分野にて精力的に研究がなされてきたが、人間が因果ルールをあらかじめ作り込むタ

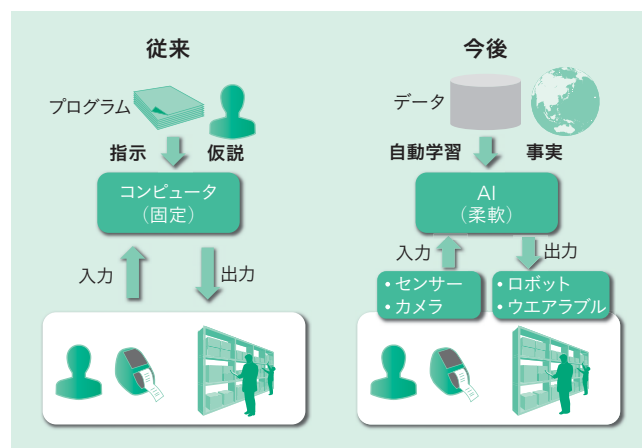


図1 | コンピュータはデータから学習するAIへ
事前に設計した固定的な処理ではなく、より知的で柔軟な処理が可能になる。

IPのAIは、利用者の多様なコンテキストを理解することができず、実用的なレベルには達しえなかった。しかし昨今、高性能なコンピュータと大規模データを蓄積可能なストレージが安価で入手可能になりつつあることが技術的な変革点となり、「データから学ぶ」機械学習型のAIに大きな期待が寄せられている。

2.2 最適化・判断型の新たなAI

日立が開発を進めているHと他の代表的なAI（およびインテリジェントシステム）をタイプ別に分類したものを表1に示す。AIはその役割として、エキスパートシステムなどをルーツに持ち人間をサポートする知的なマシンとしての検索型、画像や音声入力に対して「見て分かる」、「聞いて分かる」といった人間の認識能力を模倣する認識型に分類される。

IBM (International Business Machines Corporation) の「Watson」^{※1)}をはじめとする検索型は、新聞や技術文書などのドキュメント、テキストデータを入力とし自然言語処理技術を活用した情報検索・応答をめざしている。また、認識型は近年大きく発展しつつある深層学習（ディープラーニング）技術などを有効に活用し、画像や音声データを対象に、膨大なデータからのパターンを抽出することによる認識機能の実現を指向している。これに対して、日立のHでは、前述の分類を超えて、最適化・判断の自動化を実現する。より具体的には、多様な混合数値データを入力として、指定したアウトカム向上に関するモデルを自動で生成することを特徴としている。

3. Hのコンセプトと基本原理

3.1 仮説生成の自動化

大量データを有効活用するためには、単に計算能力やストレージ容量といった技術課題のみならず人間とコンピュータの役割の再定義を伴う。つまり従来のように人間

が最初に仮説を立てて必要なデータを集め、仮説の検証を試みるアプローチでは大規模かつ更新頻度の高いデータの十分な活用が困難となる。また、社会や企業が解くべき課題自体も複合化かつ複雑化してきており、分野の専門家であっても精緻な予測モデルを組み立てる方法自体に対して認識能力の限界が来る。今後は、データとコンピュータを最大限に活用することにより、人間が解くべき課題（高めるべきアウトカム）を設定し、コンピュータが大量の仮説生成を自動化し、データ主導型で解決策を見いだすというアプローチが有効になると考える。

3.2 Hの原理

Hは、顧客価値となる目的指標 [KPI (Key Performance Indicator) など] を改善するために、何をどうしたらよいかの施策を大規模データから帰納的に導出する分析エンジンである。業務プロセスを精緻にモデル化して積み上げるのではなく、アウトカムをデータ主導型でモデリングすることに着目している。

Hの原理を図2に示す。Hには、経営効果として高めたい、もしくは低減させたいアウトカム（売り上げ、生産性、設計バグ、サービス離脱など）、および、このアウトカムに影響を及ぼしうるデータを数値テーブル形式で入力する。

Hの内部では、入力データの網羅的な組み合わせを生成して組み合わせ特徴量を膨大に生成し、この特徴量とアウトカムとの関係を総当たり計算することによりデータに潜む複雑な相関性を統計処理によって発見する。Hの出力となるのは、アウトカムと組み合わせ特徴量との相関関係を説明する方程式である。この方程式を最適化関数とし、アウトカム改善の試作設計や実行提供手段と併せて業務システムや制御システムに組み込むことによって、環境変動やオーダーが変化した場合においてもデータに追従してアウトカム

※1) Watsonは、世界の多くの国で登録されたInternational Business Machines Corp.の商標である。

表1 | Hの位置づけ

日立のHの強みは、多様な混合数値を企業の利益に変換できることである。

タイプ	検索	認識	最適化・判断
代表例	IBM Watson	Google* Deep Learning	日立 H
データ	書類/論文 (テキスト)	画像/音声 (信号波形)	企業情報/センサー (異種混在数値)
活用場面	•情報検索 •医師支援	•セキュリティ •ウェアラブルUI	•利益の創出
破壊技術	ページランク (1998, L. Page)	深層学習 (2006, G. Hinton)	跳躍学習 (2014, Hitachi)

注：略語説明ほか IBM (International Business Machines Corporation), UI (User Interface)
* Googleは、Google Inc.の商標または登録商標である。

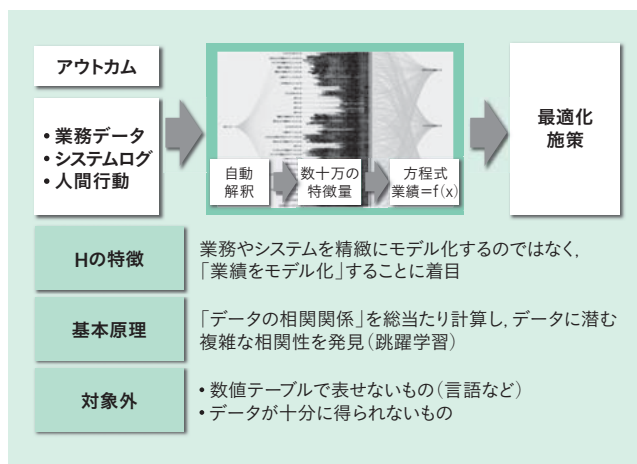


図2 | Hの原理

独自の跳躍学習技術によって、ビジネスアウトカムの向上要因をデータから導出する。

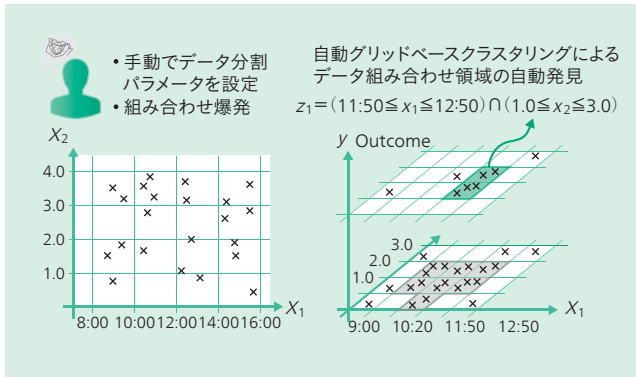


図3 | SDC (Spatial Deformable Clustering)

グリッドベースクラスタリング手法を応用し、アウトカムに強い影響を及ぼしうるデータの組み合わせ領域を自動で発見できる。

トカムの継続的な向上が実現できる。

なお、入力されるデータ項目数が膨大となる場合には組み合わせ爆発を引き起こすことが容易に想定されるため、これを抑止するさまざまな工夫がなされている。その一つとして、グリッドベースクラスタリングを発展させたSDC (Spatial Deformable Clustering) と呼ばれる手法を開発し、アウトカムに強い影響を及ぼしうるデータの組み合わせ領域を自動で発見することを可能にした³⁾ (図3参照)。本手法にて特定された領域に対する現象の増減をコントロールすることによって、アウトカムを効果的に制御することができる。

4. システムの最適化・判断の自動化

4.1 オンライン型AI

Hの特徴は、データ分析向けに活用するだけでなく、既存システムに接続して、最適化・判断に活用することができる点にある (図4参照)。

つまり、日々の環境変動やオーダー変動に適応してモデルを再生成し、生産性やコスト低減に寄与することで経営効果が最大化できる。具体的にはHが出力するアウトカムに関する方程式を最適化関数として利用し、さまざまな業務システムや制御システムの複雑問題を数理的な最適化問題に帰着させることによって適応型のシステムや自動改善システムが実現できる。例えば、環境条件の異なる製造

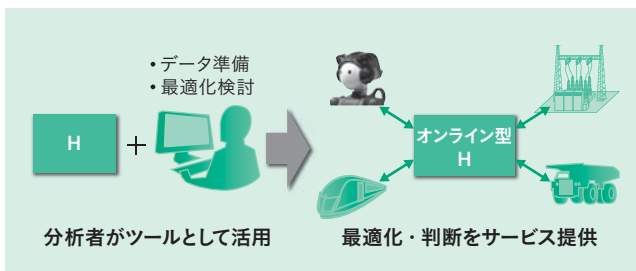


図4 | 最適化・判断をサービス提供するオンライン型AI

システムにHを接続し、最適化・判断を自動化する。

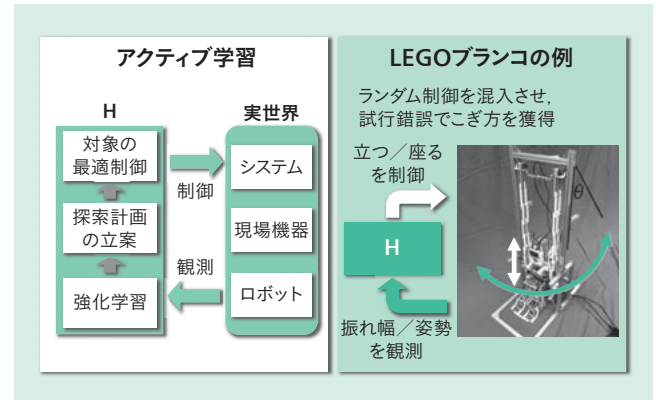


図5 | アクティブ学習

強化学習を取り入れて、最適パラメータを自動で学習する。

ライン、倉庫、営業店舗などにおいて、Hが現場状況や変動の違いに自動で追従し、アウトカムを向上させるような使い方ができる。

4.2 経験から学ぶAI

さらにHは過去のデータに対して適応するだけでなく、自ら新たなデータを獲得しつつ、より目的達成に最適な方法を「アクティブ」に探索することをめざしている。図5に示す例においては、教育用LEGO^{®2)}のマインドストーム^{®2)}で作成したブランコ型ロボットにHを接続し、事前にモデルを与えることなくロボットがブランコをこげるようになるかどうかの実験システムを試作した。

アウトカムに相当する目的指標をブランコの振れ角の増分として、システムから得られる、振れ角、立ち座りの状態、および、立ち座り動作を説明変数として、ランダムな立ち座りパターンからAIがアウトカムを大きくするようなモデルを逐次生成することで、平均5分程度でロボットはブランコをこげるようになった。さらにロボットはスイングの両端にて立ち座りを行うような想定外の方法にてアウトカム(ブランコの振れ角)を増加させることができた。

このような強化学習型のAIは、システムが暴走する可能性などには十分な配慮が必要であるが、複雑な制御システムの最適パラメータ制御や、環境変動に対応したシステムのロバスト化などに大きく寄与できる可能性がある。

5. 汎用技術としての可能性

Hは7分野24事例にすでに適用され、その有効性が確かめられている。Hのコアアルゴリズムは、分野ごとのドメイン知識に基づいたモデリングやチューニングに依存しない点の特徴である。つまり、分野に特化した従来のAIとは異なり、高めるべきアウトカムを指定し、アウトカム

※2) LEGO, マインドストームは、LEGO Groupの商標である。

表2 | Hの利活用分野

分野ごとのドメイン知識に基づいたモデリングやチューニングの依存度が少なく、高い汎用性を有する。

産業分野	最適化・判断の対象
生産	製造装置のパラメータ制御
交通	低燃費走行制御, 保守最適化
流通	商品配置・在庫, 作業順序の最適化
マーケティング	顧客分析, お勧め商品提案
事務作業	承認自動化, ハビネス向上

の変動に起因しうるデータを入力するだけで、さまざまなシステムの最適化・判断を自動化できるという高い汎用性を有する。この特徴を生かしてHは、社会の多様な課題や産業分野・業種に幅広く適用できる可能性がある。われわれが現状で想定しているHの利活用分野を表2に示す。

6. おわりに

本稿では、日立が提唱する最適化・判断型AIのHのコンセプトと基本原理、および既存システム知能化の可能性について述べた。

従来のAIは、ドメイン知識を活用した分野特化型が主流であるが、Hは、高めるべきアウトカムを指定し、その変動に起因しうるデータを入力するだけでシステムの最適化・判断を自動化できるという高い汎用性を有しているのが最大の特徴である。製造装置のパラメータ制御、運転制御の最適化、顧客への最適商品提案など、企業のアウトカムを向上させるための多くの複雑問題の解決に貢献できる。

今後は一層のインテリジェント化をめざすべく、既存システム接続性の容易化、新規特徴量の開発、予兆診断適用、さらには、より多くの産業に適用拡大を進めていくためのサービスフレームワーク化、オープンコミュニティによる利活用ロジックの横展開などを進めていく。

参考文献など

- 1) 矢野：データの見えざる手：ウェアラブルセンサが明かす人間・組織・社会の法則, 草思社 (2014.7)
- 2) 日立ニュースリリース, 人工知能技術で企業の経営課題解決を支援する「Hitachi AI Technology/業務改革サービス」を販売開始 (2015.10), <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2015/10/1026a.html>
- 3) F. Kudo, et al.: An Artificial Intelligence Computer System for Analysis of Social-Infrastructure Data, Proc. of the 17th Conference on Business Informatics (CBI), Vol. 1, IEEE (2015)

執筆者紹介



森脇 紀彦

日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
知能情報研究部 所属
現在, 人間情報システム, AIの研究開発に従事
博士(工学)
電子情報通信学会会員, 経営情報学会会員, AIS会員



秋富 知明

日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
知能情報研究部 所属
現在, AIの研究開発に従事
人工知能学会会員



工藤 文也

日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
知能情報研究部 所属
現在, AIの研究開発に従事
人工知能学会会員



嶺 竜治

日立製作所 研究開発グループ 基礎研究センター 所属
現在, AI, 進化, 学習科学の研究開発に従事
人工知能学会会員, 電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員



守屋 俊夫

日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター 所属
現在, 空間情報処理, ロボットビジョンの研究開発に従事
博士(工学)
IEEE会員, 電子情報通信学会会員



矢野 和男

日立製作所 研究開発グループ 所属
現在, 技師長としてAIなどの研究開発に従事
著書『データの見えざる手』(草思社)
博士(工学)
IEEEフェロー, 電子情報通信学会会員, 応用物理学会会員,
日本物理学会会員, 人工知能学会会員