

# 産総研人工知能技術コンソーシアムにおける トランスディシプリナリー型のオープンイノベーション — 人と相互理解できる人工知能技術による Society5.0実現へのシナリオ —

本村 陽一

Society5.0の実現のために、人工知能技術（AI技術）の社会実装を進める上での課題がある。計算モデルが現象を十分に近似するためには、適用する利用方法（ユースケース）にAI技術を埋め込んだ上でデータ収集と計算モデル化、価値創出と向上を同時、持続的に行う必要がある。そこでステークホルダーの評価を計算モデルに反映するために人と相互理解できるAI技術を用いて、ステークホルダー間の相互理解に基づく共創的ユースケース開発、トランスディシプリナリー型のオープンイノベーションを実行することでデータ知識循環型サービス・システムを構築し、価値創出と向上を実現する。このシナリオを実現するため産総研人工知能技術コンソーシアム（AITeC）の仮説、実装、検証について述べる。

**キーワード:** オープンイノベーション、共創、ユースケース開発、確率モデリング、人工知能、Society5.0

## Interdisciplinary open innovation through activities in AIST Artificial Intelligence Technology Consortium

—The scenario towards Society 5.0 by artificial intelligence (AI) technologies that enable mutual understanding between AI and humans—

MOTOMURA Yoichi

Realizing Society5.0 requires overcoming problems in promoting social implementation of artificial intelligence (AI) technology. To effectively model phenomena, it is necessary to continually collect data, construct computational models, create value, and improvement while embedding AI technology in real-world applications. AI technology that realizes mutual understanding with humans is needed to create value and improve mutual understanding with stakeholders. Implementation and verification of the AIST Artificial Intelligence Technology Consortium (AITeC) is described to realize this scenario.

**Keywords:** Open innovation, co-creation, use case development, probabilistic modeling, Artificial Intelligence, Society5.0

### 1 はじめに

我が国が目指すべき未来社会の姿として第5期科学技術基本計画<sup>[1]</sup>において提唱された、「サイバーとフィジカルを高度に融合し、IoT (Internet of Things)、ロボット、人工知能 (AI)、ビッグデータ等の新たな技術をあらゆる産業や社会生活に取り入れてイノベーションを創出し、一人一人のニーズに合わせる形で社会的課題を解決する新たな社会」が Society5.0 である。ここではインターネットや実社会で集められたビッグデータと、そのビッグデータの活用技術としての機械学習に基づく AI 技術が主要な役割を果たす。IoT デバイスや次世代通信技術によってさらに実社会

の多様な活動が常時観測、収集されることで時間・空間解像度の高い実社会ビッグデータが今後集積されることが予想される (図 1)。従来のインターネットや携帯電話サービスでは利用者が操作しないとデータは取れないのに対し、IoT デバイスやセンサーを通じて人間が操作しなくても大量データが高速に集められるようになる。この時、データの中には状況依存性が高い、「今だけ」「ここだけ」「その人にだけ」といった固有の情報が埋め込まれる。またサービス・システムの利用頻度の向上や性能向上にしたがってその時間空間解像度が高いものになる。この従来のインターネット上のビッグデータとは性質が異なる時間空間解像度

産業技術総合研究所 人工知能研究センター 〒135-0064 東京都江東区青海 2-4-7  
Artificial Intelligence Research Center, AIST 2-4-7 Aomi, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan E-mail: y.motomura@aist.go.jp

Original manuscript received August 15, 2019, Revisions received March 10, 2020, Accepted May 27, 2020

が高い実社会のビッグデータから実社会の現象を計算モデル化し、価値を生むための計算を行う技術が Society5.0 の実現シナリオのためには重要となる。

この実社会ビッグデータから機械学習、AI 技術によって現象を予測、近似できる計算モデルが構築できると、サイバー空間の中でその現象を、フィジカル空間の実社会よりも高速に計算可能、シミュレーション可能になる。いわばこれが Society5.0 の要諦であると言える。AI 技術が社会実装され、様々な場面で実際に利用されることになれば、社会の中にある不確実性のもとでも、AI 技術を使って予測することでリスクやコストを低減し、ベネフィットを向上させることが期待されている<sup>[1]</sup>。このリスク、コストの低減、ベネフィットの向上をもたらすことをこの論文では価値創出とする。

価値創出は次のようなシナリオで実現することが考えられる。社会のサイバーフィジカルシステム化、つまり社会の中の多くのサービスがシステム化され、リアルな実空間の活動がデジタル化され、ネット空間と融合する社会・生活の変革（イノベーション）が加速する。

そのためには、サービスに関する工学やモデル化の研究<sup>[2]~[6]</sup>やその発展としての応用システム化が重要である。またこの時、AI 技術によってサービスを実行する応用システムであるサービス・システム<sup>[用語1]</sup>とデータ収集の基盤が一

体となり社会実装され、多数の利用者がサービスを利用する度に実社会ビッグデータが加速的に増大すれば、機械学習による計算モデル化、その計算モデルを用いたサービス・システムの性能向上、価値向上が可能になる。そのためには、利用者にとっての価値の増大が不可欠であるため、具体的な社会実験、実証事業に早期に着手し、改善ループを持続すること、さらなる価値の飛躍的向上のために利用者や関連するステークホルダーの評価を計算モデル、サービス・システムに反映することが重要である。

そこで、この論文では、Society5.0 を目的とした AI 技術の社会実装への取り組みとして、産総研人工知能技術コンソーシアム (AIST Artificial Intelligence Technology Consortium, AITeC)<sup>[7]</sup> の仮説、実装、検証について述べる。これは、シンセシオロジー論文の第三の課題である社会導入に向けた構成<sup>[8]</sup>として位置付けられるものである。AITeC は産総研コンソーシアムの制度に基づき、産総研人工知能研究センターと同時に 2015 年 5 月 1 日に設立された。その後、5 年間の期間の活動を通じ、ニーズ、データとシーズをマッチングしてビッグデータの成長スパイラルを回す AI 技術の社会実装の場を創出し、参加機関が集まり、具体的な課題に対する実証実験が多数行われた（図 2）。以降では AI 技術の社会実装シナリオと課題、AITeC の仮説と実装、それにより明らかになった定性的検証、今後の展望について述べる。

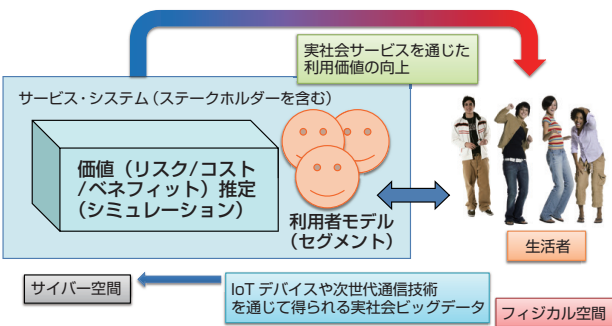


図1 社会のサイバーフィジカルシステム化

## 2 AI技術の社会実装のシナリオ

### 2.1 社会実装の課題

まず、Society5.0 実現を目的とした構成型研究におけるシナリオ<sup>[10]</sup>の開発に向けた課題を整理する。AI 技術の中核である機械学習はデータから計算モデルを学習するものであるが、実社会においてはその背後にある現象は常に変動しているため、計算モデルが現象に追従

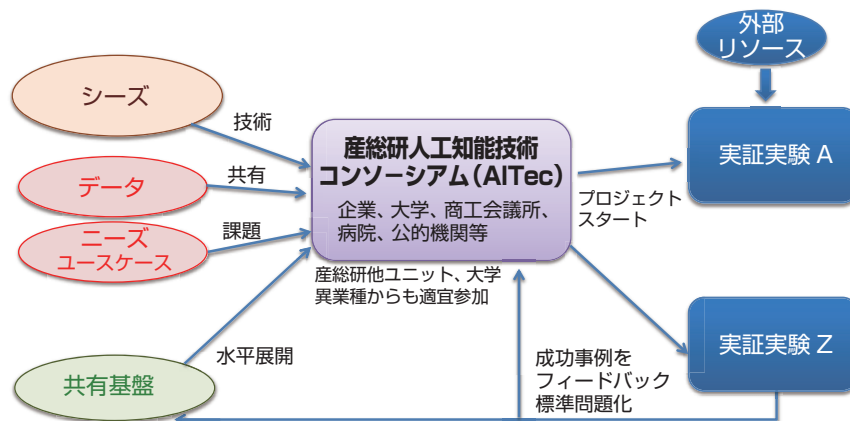


図2 産総研人工知能技術コンソーシアム

するためには、適用する利用方法（ユースケース）に埋め込んだうえで持続的にデータ収集と計算モデル化を行う必要がある。またそのためには、多くの利用者の高頻度かつ持続的な利用を動機付ける価値創出が必要となる。価値を高めるためには利用者や関係者となる多様なステークホルダーの評価や解釈をモデルに反映することが有効である。そのためには、利用者や関係するステークホルダーが協働できる異分野を越えた連携であるトランスディシプリナリー<sup>用語3</sup>型で取り組むこと、そこで共創的なユースケース開発を行うことが考えられる。さらに人の知識や評価を反映するために、人と相互理解できるAI技術<sup>19</sup>を適用する。これにより学習した結果としての現象モデルが人にとって理解できるものであることが、各ステークホルダー間のインタラクションや相互理解を促進し、新たな価値に気づく共創的なプロセスを生じるためには重要な特性となる。ここでは人の知識と実社会ビッグデータを融合させてこれを循環させるサービス・システムをデータ知識循環型サービス・システムと呼ぶことにする。

データがなければ機械学習による性能向上が進まない。また実社会の現象は常に変動し、変動に応じたデータ更新が必要であるため、新たなデータを持続的に集めることが重要になる。そこで、AI技術をサービス・システムとして早期に社会実装することにより、そのサービス・システムを通じて新たなデータを持続的に集める方策が必要となる。そのために、具体的なユースケースのもと、利用価値のあるサービスの提供とデータ収集を同時に行い、その集まった実社会ビッグデータで機械学習を実行し、その結果構築される計算モデルを活用して利用者やステークホルダーの価値が向上（ベネフィットが高まり、リスク、コストが低減）することを確認する。この取り組みにより、ニーズのあるユースケースが開発され、サービスの利用者やデータ量が増大し、機械学習によりサービス・システムの性能が向上することで、さらに価値創出が進む（図3）。

以上の考察から、分野を越えたステークホルダー間の共

創を持続、発展させるためのトランスディシプリナリー型オープンイノベーションを促進する「場」として、データや現象モデル、方法論、ユースケース、事例に関する共通基盤を構築し、コミュニティ運営を行う主体として、AITeCが構想された。

## 2.2 ステークホルダーの共創

AI技術を社会実装し、現実問題に適応するためのフレーム設定や現場における暗黙的知識の抽出、目的変数と説明変数を設定したデータ収集とモデル化、目的変数の予測からどのように価値を出すのかというサービス・システム的设计において、現場のステークホルダーの主体的な関与が必要である。現場の利用者が問題解決の対象となる現象について初期仮説を持っている場合には、目的変数に対して、何が影響を与えるのかという説明変数との間の関係を説明できる事前知識は現場の利用者自身が持っていることが多い。機械学習の専門家が、この利用者が持つ事前知識、すなわち目的変数と説明変数やそれらの間の関係を観測可能な定量的な変数に対応付けることができると、相互の間で共通の現象モデルとして理解ができ、適切な計算モデルが選択できる。また、これを初期仮説として目的変数と説明変数を実際の現象から観測して、起こり得る場合を網羅したデータから学習すればその結果の計算モデルはさらに望ましいものになる。この機械学習の専門家と現場の利用者がそれぞれの分野を超えて連携するトランスディシプリナリー型の体制による共創的活動がAI技術を現場に導入するために重要なアプローチとなる。逆に、事前知識がないままにただ現場のデータを収集しても、適切な目的変数がない場合や、目的変数に大きな影響を与える説明変数が観測されていない場合、起こり得る場合が網羅されていない場合には、統計データとしては目的変数に関する隠れた交絡因子が多く、ランダム性が高く、起こり得る場合が欠損したものとなるので、当然その学習結果の計算モデルは信頼性の低いものになってしまう。

データから計算モデルを構築する機械学習において、

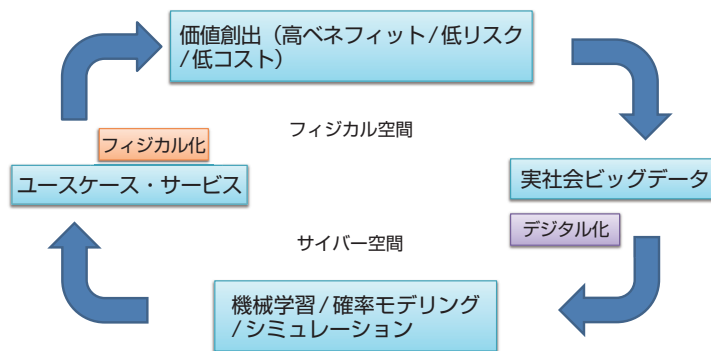


図3 実社会データ、機械学習、サービス、価値創出の成長スパイラル

データそのものの中には含まれていない背景情報（データの取得範囲、データの意味を表す属性、データの生成過程に関する制約条件等）を機械学習におけるフレームと考えると、この暗黙的なフレームがわからないというこの問題は、人工知能分野で良く知られる「フレーム問題」<sup>[15]</sup>が機械学習において顕在化したものとして考えることができる。AI技術の社会実装を進めるためには、このフレームを実社会に適合するよう、明示的に扱うために、人からの知識やフレームに関するデータも収集することが必要になる。生活中的フレームやヒトの主観的な暗黙知等を収集するために、人の心理や行動から情報を引き出し、データと知識を融合して確率モデルを構築する方法<sup>[16]</sup>や人と相互理解できるAI技術<sup>[9]</sup>が活用できる。

### 2.3 社会のデジタルトランスフォーメーション

実社会ビッグデータからの確率モデリングは、社会のデジタルトランスフォーメーション<sup>用語2</sup>を進めるものである。時間や空間の解像度が高い実社会のビッグデータは複数の異なる解像度における変数間の関係をモデル化することによって、ミクロな情報とマクロな情報を一貫性を持って整合できる。一方、従来の統計（集計表や平均、分散等の統計量）では、国の年単位の指標のようなマクロな情報、それより細かい県レベルの空間単位や月ごとの時間単位のようなメゾスコピックな情報、さらにミクロな市町村で日々扱うような時間・空間単位の情報はこれまで各階層で独立に計算されることが多く、必ずしも全階層を通じて一致性を持つとは限らず、近年その統計の精度や信頼性を保証することは大きな社会課題でもある。従来のマクロ統計の情報が単なる集計値で、個々のミクロな現象には戻れないのと違って、確率モデリング技術によって、解像度の高い実社会ビッグデータから個々の現象を積算し、それが上の階層表現でのマクロレベルの数値になる一連のプロセスがサイバー空間の計算過程として実行できると、確率モデル上の逆の推論によって、マクロレベルの現象から立ち返ってミクロレベルの表現にたどりつけるようになる。つまり、実現したいマクロレベルの目的変数に対して、どのようなミクロレベルの状態であればよいか、という推論が実行可能になる。このようなシミュレーションを繰り返し、リスクやコストを低減し、ベネフィットが大きくなるようなミクロレベルの状態をサイバー空間で計算してから、フィジカル空間でそれを実現する。これが実社会がデジタル化される、デジタルトランスフォーメーションの意義である。こうした確率モデリング技術を活用したデータ知識循環型サービス・システムを開発することは、実社会現象のデータや実社会現象を近似した計算モデルを集積、共有するための共通基盤<sup>[14]</sup>の構築にもつながる。

### 3 人と相互理解できるAI技術としての確率モデリング

ここでは Society5.0 の実現シナリオにおいて必要となる、人と相互理解できる AI 技術としての確率モデリングについて述べる。

社会現象を計算機上で再現するためには不確実性を考慮したモデルが必須になる。人の生活やサービス現場での現象を説明するモデル化においては記述量・計算量の点から、扱う対象自体を完全に記述することは困難であるので、計算対象としての現象を確率的・統計的なものとして扱うことにする。例えば、目的変数として人の行動を考える。行動を計測できれば、その回数を定量化し、その行動が生起する確率を考え、さらにその行動が起こる条件として典型的な（相互情報量が高い）状況を見つけると、条件付確率  $P(\text{行動} | \text{状況})$  という形で不確実性を含めて表せる。さらに個人の行動に限定しない一般化をはかり、よく似た人ごとにとる行動が異なる場合、これを条件部に加えて  $P(\text{行動} | \text{状況}, \text{人のタイプ})$  とする。この人のタイプは利用者の「異質性」とも呼ばれる。この条件付確率の条件部に入る変数を加えていくことで、来店行動やある商品を買う購買行動の確率を精度良く予測できれば、あるタイプの顧客がお店に来る人数やその顧客が買う商品、サービスを利用する可能性を推定できるので、適切な人員配置や商品、サービスの準備をすることで人員不足や品切れを防ぐことができる。つまりサービスの最適化が図れる。こうしたデータに基づくモデル化、最適化を日常業務の中で自動的に行い、その日の状況や顧客のデータを持続的に集め、確率モデルも新たなデータによって更新することができれば、予測精度をさらに高めていくことができる。これを実現するために条件付確率のモデルをデータから自動的に構築するためにベイジアンネットワーク技術<sup>[11]</sup>やその拡張としての確率モデリング技術を適用する<sup>[12][13]</sup>。ベイジアンネットワークの変数間の関係はグラフ構造として表わされるため、人が理解し、編集もできる。これによって問題領域についてのフレーム、ステークホルダーの知識等を組み込み、データと融合してモデルを構築することもできる。

利用者の異質性については、行動の類似性によってセグメント化することを考える。購買行動であれば、会員カード等の顧客 ID と製品 ID が記録された ID-POS データに対して確率的潜在意味解析 (PLSA) を活用して利用者の異質性を潜在セグメントとして抽出し、さらにそのセグメントがどのような変数と関係があるかをベイジアンネットワークによりモデル化する<sup>[13]</sup>。このように PLSA とベイジアンネットワークを組み合わせることで、ID-POS データや共通ポイントカードの使用履歴データ等のサービス現場で大量に集積されているビッグデータから顧客の異質性を表し購買行

動や嗜好性、アンケート回答の推定を行うことができる確率モデル、利用者モデルが構築できる。この利用者モデルの上で確率推論を実行することで、利用者の選択行動等を推定することができる。そこで利用者が選択する可能性の高いコンテンツを推定し、その候補を提示することで情報推薦が実行できる。とくに新たに追加されたコンテンツにも対応できるようにコンテンツ属性を変数として用い、さらに利用者属性や状況を表す変数もベイジアンネットワークのノードとしてモデルに組み込むことで、状況や利用者の傾向に応じた推薦が可能になる。これは目的変数として選択行動の背後にある価値観の推定を行うモデルとして考えることができる。利用者モデルを使って、顧客それぞれに対して対応を個別に最適化すること<sup>[11][12]</sup>や、ある時間やエリア、ある商品に対して主たる利用者を推定して利用者の集団の特性を推定することでサービスを最適化する方法<sup>[4][13]</sup>等が実現されはじめている。前者は会員カードやスマートフォン等と連携したレコメンド（情報推薦）やナビゲーション、後者は利用者セグメントごとの施策やサービスの最適化という形で実行されることになる（図4）。

以上の利用者モデルによる価値創出は利用者が商品や情報を選択するという社会的な現象を、選択行動が生起する確率を目的変数として確率モデル化し、その確率が高くなるよう最適化を行うユースケースになっていた。さらにこれを発展させて、ある問題に対するステークホルダーの価値創出となるようなリスク、コスト、ベネフィットを目的変数として設定して、実社会現象をモデル化、最適化を考えることができる。実社会で価値向上の対象となる現象（リスク、コスト、ベネフィット）を計算モデルが十分近似できるためには、実社会の現象が生じる背景（フレーム）やプロセスといった利用者側の知識も反映して適切な計算モデルを構築する必要がある。そのため機械学習の専門家と現

場の利用者間のコミュニケーションを促進し、適切な実社会現象の計算モデル化を行うことが必要になる。双方の共通理解を促進できる方法は、問題解決の対象となる現象や価値を明確にして目的変数を特定し、その目的変数に影響を与えている主要な要素を説明変数としてその関係を構造として計算モデル化することである。さらに持続的に実社会現象から生成されるデータから学習し、さらに「対象とする現象の計算モデル化」により定量的なシミュレーションを可能にするためには、単に現象を予測する認識モデルというだけでなく、新たな現象を生成できるような生成モデルにする必要がある。そのために、対象となる実社会の現象から生成されたデータから確率モデルを構築し、さらにその確率モデルに対して検討したい様々な状況を設定して目的となる変数について確率推論を実行し、AI 応用システムであるサービス・システムに適用することで実社会現象を生成する。

確率モデリング技術によって、実社会ビッグデータから、目的変数として表した現象を、変数間の関係として人がその現象を理解できるとともに、新たな実社会現象に対するシミュレーションも実行できる。すると、その現象を人が理解しながらシミュレーションすることで、AI 応用システムの援用しながら現場のステークホルダーが協調して実社会の問題解決を行うことも可能になる。これがデジタルトランスフォーメーションや Society5.0 のための要素技術となり、この方法論を活用した多数のサービス・システムや実証プロジェクトを、具体的なユースケースにおいて実現することが次で述べる AITeC の役割である。

#### 4 産総研人工知能技術コンソーシアム(AITeC)

現場のステークホルダーやサービス・システムに関わるステークホルダー間のインタラクションを促進し、共創的な

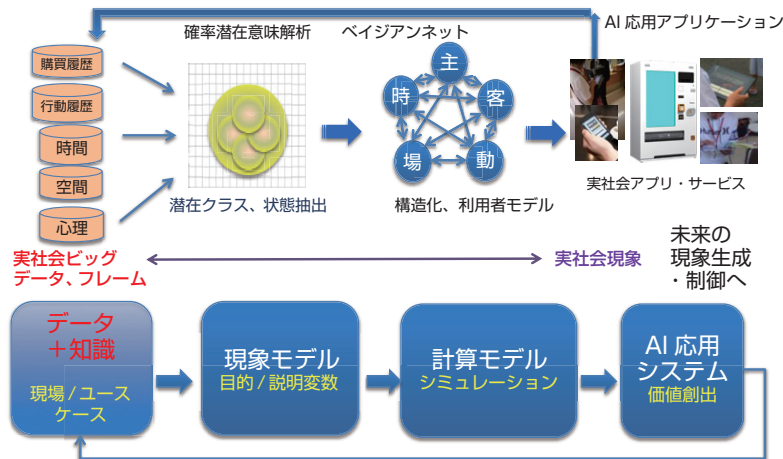


図4 確率モデリング (PLSA とベイジアンネットワーク) による AI 応用システム

ユースケースの開発と、サービス・システムによる問題解決に介在させる仕組みや方法を明らかにすることがAI技術の社会実装のためには重要な課題となる。そこでAI技術を社会実装するためのシナリオを実現するためにi) 多様なステークホルダーを集めたトランスディシプリナリー型のオープンイノベーションの取り組み、ii) 共創的なユースケース開発、iii) データ知識循環型サービス・システムの開発、の構成要件を持つような場として、AITeCが構想されることになった。このAITeC構成シナリオを図5に示す。

AITeCは2015年5月1日、国立研究開発法人産業技術総合研究所人工知能技術研究センターと同時に設置された。AI技術の社会実装、異業種の共創的価値創出による成功事例を持続的に生む仕組みづくりを目指し活動し、これまでに参画機関数約250法人を越え、会員の課題や強みを共有し、ベストマッチングを模索していく場（ワーキンググループ（WG））の形成、AI技術とビッグデータ活用の手法・技術・仕組みに関する研究会実施、最新動向の共有、デザイン・シンキングの実践や小規模プロジェクト立案やコンテスト、実証実験の実施等を行っている。2015年度当初は14機関で活動を開始し、2016年度23機関、2017年度は86機関、2018年度152機関、2019年度は212機関とその参加機関は増加し続け、地域支部も2019年度現在、関西支部、東海支部、九州支部、神戸支部が設置され、さらに長崎や広島、岡山、長野、岩手等でも地域支部の設立を念頭にした準備も開始されている。AITeCの活動により膨大なAI技術の活用や社会実装に関するノウハウが集積され、大規模の異業種連携プロジェクトや公的研究開発プロジェクトへの展開も始まっている。コンソーシアムの活動成果として、プロジェクトの活動やそこで開発されたサービス・システム、効果評価等は公開シンポジウムや大型展示会等を通じて外部にも発信し、社会への普及を促進している。また2019年からは優れたプロジェクトの評価基

準の確立、プロジェクト相互連携促進を目的として優秀なプロジェクトを評価し、表彰することを開始している。

AITeCに設置されているWG（図6）は2019年の時点では18あり、参加メンバは希望するWGにいくつ参加しても構わないという運用、またWGのリーダーは同時に運営委員として毎月1回行われる運営委員会での相互交流によって、相互のWGやプロジェクトのハブの人材となり、全体として緊密な連携がはかられている。

AITeCのWG、プロジェクトのうち、主なものについて以下で紹介する。

・ものづくりWG：ものづくりに関わる現象全般に関するデジタルトランスフォーメーションを進め、故障、不良といったリスクや時間コスト、得られるベネフィット等を目的変数とした計算モデルを構築し、目的変数に対する推定や最適化により改善をはかるAI技術の活用について検討、議論、試行を進めている。とくに再現可能な価値創出の方法論を定着させるために、デザインシンキングのトレーニング、AI技術を活用するためのビジネスモデルキャンパス（必要事項を網羅的に整理できるフレームワーク）や共通フォーマットの作成等を行い、横断的に比較しやすい形での価値創出につながる事例創出、共有を進めている。製造業分野では情報や知識の守秘性が高く、事例やデータを共有することが当初難しかったところ、このフレームワークによる抽象化や、参加メンバ固有の競争領域における事例ではなく、協調領域のテーマを新たに選定し、これを練習問題として進める等の工夫をしている。具体的なプロジェクトとしては、ハードディスクのエラーデータ分析、工場内のIoT導入推進の事例等がある。

・社会課題解決WG：自治体とのコミュニティ支援、健康イベントにおけるAI技術活用、地域コミュニティのコミュニケーション支援、犯罪予防へのAI技術応用、ユニバーサルトイレのGISデータ活用、科学イベントにおけるAI技

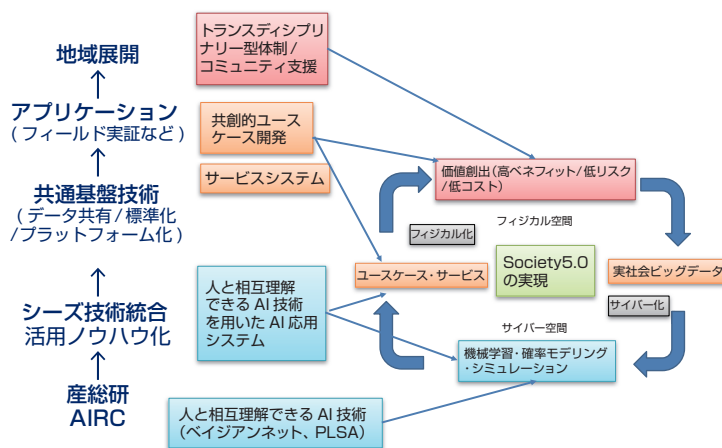


図5 AITeC 構成のシナリオ

術、ビッグデータ活用等の協調領域プロジェクトを進めている。

- ・観光 WG：国内の観光に関する AI、IoT、ビッグデータの活用シナリオの作成、観光関連調査データの収集、マーケティング施策の提案、ヘルスツーリズム開発・評価、具体的な地域への展開等を進めている。

- ・データプラットフォーム WG：マイクロアグリゲーションによるプライバシー保護技術を活用した異なるビッグデータの相互連携（データフュージョン）、共通プラットフォームの構築を目指し、健康情報の活用事例の創出、地域展開等を進めている。

- ・AI ツール WG：3章で述べた確率モデリング技術を Java 言語により実装したプログラムである PLASMA（図 7）や、その他の AI 技術に関する利用方法や事例の検討、セミナー開催、他の WG への協力等を行っている。顧客や商品の ID を付与した購買履歴データである ID-POS（ID 付き Point of Sales）データと AI 技術を活用した応用事例が多数あり、それに基づくサービス・システムの実装やユースケースの共有も進めている。

- ・データマイニング WG：企業におけるデータ活用の促

進、ビジネス課題を解決するための情報や事例共有を進め、データ分析スキルの向上、課題解決能力の向上を目指して、ビッグデータの共有と手法選択のノウハウ共有、具体的なデータマイニングツールのトレーニング等を行っている。

- ・深層学習 WG：産総研 ABCI の技術解説、協調領域でのユースケース検討、建設系への画像認識応用、特許管理費用予測プロジェクト等を進めている。

- ・AI リビングラボ WG：AI 技術や IoT 技術を活用して生活環境、サービス現場でのビッグデータ収集・活用インフラ、対話型デジタルサイネージや、AI 自動販売機、小型ロボットや情報端末によるレコメンドやナビゲーション技術のユースケース開発等を行っている。具体的なプロジェクトとしては、対話型デジタルサイネージを用いた神戸における手土産レコメンドサービス、大阪梅田における AI 自動販売機の導入、大学と連携したアプリ開発、大規模展示会における来場者のデータ収集等を進め、産総研が開発したシーズも含む AI 技術を活用したアプリケーション、サービスの実証を行っている（図 8）。

以上の他に、健康・医療データ利活用により生活者の安全、安心、豊かな生活を支援する仕組みづくりを目指

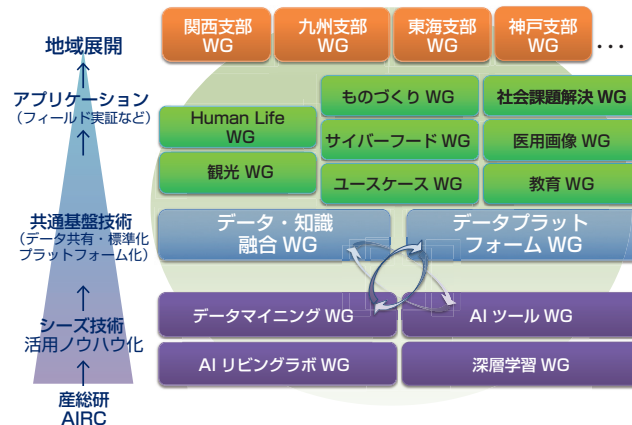


図 6 人工知能技術コンソーシアムとワーキンググループ (WG)

PLASMA: Probabilistic Latent Semantic Structure Modeling API

「確率的潜在意味構造モデリング」のための Java 言語による API セット

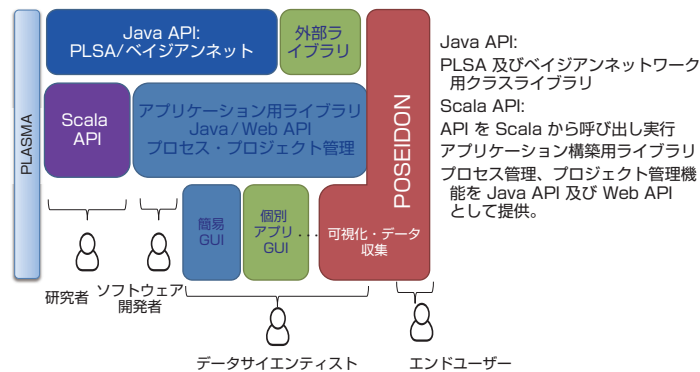


図 7 確率モデリング技術のソフトウェア PLASMA

す Human-Life WG、医療用の画像データの共有、活用の仕組みづくりを行う医用画像 WG、AI 技術の導入先ユースケースの策定、AI 技術導入プロセスの設計と方法論の一般化を行うユースケース WG、AI 技術を活用して食品流通の生産性向上、需給マッチング最適化を目指すサイバーフード WG、教育分野のビッグデータを活用する教育 WG、ビッグデータに現場の知識やフレームを融合させた社会現象のモデリング、シミュレーションを行うデータ・知識融合 WG 等がある。

## 5 産総研人工知能技術コンソーシアム(AITeC)の検証

AITeCは、Society5.0の実現に向けた以下の課題に対応するために構想され実装された。

- i) トランスディシプリナリー型オープンイノベーション
- ii) 共創的ユースケース開発
- iii) データ知識循環型のサービス・システムの構築

ここでは、AITeCがその狙い通りに機能したかどうかの定性的検証を試みる。

### 5.1 トランスディシプリナリー型オープンイノベーション

先に述べたように、AI 技術の社会実装のためには、トランスディシプリナリー型の体制が重要である。産総研コンソーシアムでは、参加企業が毎年会費を納入した自己財源を年度予算とし、会則で独自に定める方針に従って組織設計と運営を柔軟に行うことができた。さらに独自の人事、運営委員の選定、WG リーダー、プロジェクトリーダーの任命、地域支部の設置を行うことによって、従来の組織の枠を越えた異分野の会員が共創するトランスディシプリナリー型の体制を実現することができた。また実証実験を共同で実施することで、従来の組織に閉じたデータ管理の枠を越えたデータ共有、クラウドシステムによるコミュニケーションの活性化と経験の共有をはかることもできた。これによ

り産総研における共同研究契約の場合には特定の予算で獲得したデータや資産を外部組織や他のメンバと共有することが難しいところ、コンソーシアムの自己財源で取得したデータやデバイスを後からコンソーシアムに参画したメンバにも共有することができた。さらにそれを共有基盤として活用し、多様なステークホルダー間のインタラクションによって新たなプロジェクトを地域支部等へ水平展開することもできた。

また、こうしたプロジェクトの実施結果や報告書、サービス・システム構築のためのソフトウェアも共有することで、コンソーシアム内のプロジェクトの推進や水平展開のために、類似プロジェクトを効率良く高速に着手、実施でき、ノウハウの波及、メンバ間のインタラクションも促進できた。具体的には、次のような効果が示されている。

- ・ものづくり WG で作成したフレームワーク、AI 版ビジネスモデルキャンパスを他の WG や地域支部でも共有し、新規プロジェクトの立ち上げ、推進が加速した。

- ・イベント空間での行動ナビゲーションのアプリケーションをリビングラボ WG や社会課題解決 WG で試行し、産総研でシーズ開発を集約し、開発したソフトウェアを企業に技術移転、それらをソフトウェアモジュールとして組み合わせることで、多くの新規プロジェクトやサービス・システム構築を加速できた。

- ・産総研が開発したソフトウェアモジュールを統合し、来場者の行動を観測し、AI による対話的なインタフェースも備えた AI タッチラリーと名付けたシステムや AI 自動販売機のアプリケーションとして実証実験を行い、ユースケースの改善、運用ノウハウを蓄積した。新たなユースケース開発と運営ノウハウを相互に進化させながらこれを他の WG や地域支部に展開し、後述するように大規模商業施設やお台場の日本科学未来館などに早期に展開できた。

第四次産業構造革命<sup>用語4</sup>を見据えて、シーズ技術の活用のみならず、それらの共通基盤化、各応用事例のサービス・システム化、推進体制の仕組み化を同時に進め、さらに課題がある地域にデータ知識循環型サービス・システムとして展開し、社会実装をはかる持続的な活動へとつなげる再現性の高い仕組みとして確立できたと評価できる。地域支部と各 WG、各プロジェクトを有機的に連携できるようにハブとなる会員がそれらに同時参加し、主体的な活動を生むことができるように運営委員の選定や新規プロジェクトメンバの選定を注意して実施した運営上の方法の効果も大きいものであった。過去の情報を蓄積した独自のクラウドシステムへアクセスできることで、過去に行われたプロジェクトや報告会の資料を活用し、多様な企業文化や背景の異なるメンバ間の意識共有や、関心を共通にすることで、人材の少な

AI 技術によるアプリケーション、サービスの実証  
(売り場やイベント空間での行動データ観測/分析/推論/推薦)



実フィールドの環境デザイン、リサーチデザイン、ユースケースデザインのノウハウ集積

図8 AI 技術によるサービス・システムの実装と実証



い各地域でのプロジェクト展開なども確実に実現できた点は、後述するティール型<sup>用語5</sup>の組織運営<sup>[17]</sup>を支援できるAI技術のあり方に示唆を与えたと言える。

従来とは異なる不確実性の高いプロジェクトを進める方法論としてアジャイル型開発<sup>用語6</sup>やリーン・スタートアップ<sup>用語7</sup>と呼ばれるものがある。これは不確実性が高く先を見越すことが難しい行動計画について、失敗することを前提にリスク管理をしながら経験することで組織学習する方法である。AIは一度使っただけではすぐに性能や結果が出せない。AIを使い何をするか、そのための仕組みの構築やデータ収集、計算モデル改善の試行錯誤が必要といえる。各社がそれぞれ同じような失敗をするのは非常に効率が悪い。失敗事例や経験、ノウハウを共有する方が圧倒的に有利になる。AITeCでは、同じ関心のある企業がWGを作り、経験を積むための実証プロジェクトをコンソーシアムの予算で行うことで、実証プロジェクトを通じて問題点やノウハウが共有できる。これらの知見を蓄積し、成功事例を自社に持ち帰ったり、他のプロジェクトへ水平展開するという運営をしている。AITeCでは、各参加組織のプロジェクトとしては推進することが躊躇われる不確実性の高い行動計画であっても、自己財源による経験の共有を一義的な目的とした運用によって失敗事例を活かし、その後のプロジェクトの成功に貢献することを支援できた。

## 5.2 共創的ユースケース開発

AI技術は、多くの利用者を獲得し、大量のデータを集積できた時に機械学習により効果を大きく上げることができる。そのため、多くの利用者を獲得できる価値ある利用方法（ユースケース）を設計する検討が大変重要である。そのためアルゴリズムや学習の理論だけでなく、価値あるユースケースを考える場やユースケース開発の方法論が必要である。この時、技術側やサービスの提供者側だけでなく、利用者側の立場からユースケースを検討することで、利用者メリットになるようなAIの活用方法を考え、利用者にとっての価値（リスク、コスト、ベネフィット）が事前に把握できる。そこで、異業種の多様な参加者の幅広い観点からAI導入シナリオを整理するために、多様なステークホルダーの間で、提供者と利用者の双方のインタラクションを通じて検討を行う。それにより潜在的なリスクが事前に明らかになり、想定外の価値や潜在的なニーズについても速やかに気づくことができる。例えば、店舗サービスの場合では、サービスの利用者や現場の提供者、さらに提供側だが管理・経営側など、対象となる実社会現象に関連するステークホルダーは多岐に渡る。組織間を跨ぐ大規模なサービスの場合はさらにその関係は複雑なものになる。このような多様なステークホルダーのそれぞれの立場からサービス・シ

ステムを構築、管理するように多くの実証プロジェクトを展開し、そこでの経験値を高め、ニーズ抽出やリスク回避、コスト低減が進むことで成果が出やすくなっている。

このように具体的なユースケースのもとでAI技術の社会実装を進め、社会のサイバーフィジカル化を実際に進めることで、従来の物理的な生産性の限界を事前の予測や最適な制御により改善することや、不確実な現象をサイバー上であらかじめ計算することで、新しい最適な組み合わせを探すことやリスクとベネフィットを最適化して決定をすることができるようになる。学習した確率モデルを活用した予測やシミュレーションを行うことで、例えば利用者の傾向を理解して適切なアクションを選択でき、利用者にとっての価値を向上するサービス改善を行うことができる。このように具体的なユースケースに基づいて目的変数と説明変数を設定し、質の高い実社会ビッグデータを収集し、利用者へのサービス提供を通じてさらに確率モデルの学習を進めて、現場を支援するAI応用システムを稼働させる。この循環を回すことで実社会ビッグデータの収集を加速、実社会現象をシミュレーションできる確率モデルを構築し、さらにその確率モデルを使って人が新たな気づきを得ることで、マネジメントの支援や新たなユースケース開発によって価値創出（ベネフィット創出、コスト削減、リスク低減）を持続的に発展させることができる（図9）。

学習した計算モデルが人間にとって理解が難しいディープラーニングの様なブラックボックス型のAI技術の場合、人が協調作業を行うことが難しいため、全自動で無人化を志向する応用事例が多い。一方、「人間と相互理解できる次世代人工知能技術研究開発」<sup>[9]</sup>における確率モデリング技術の場合には、現象を目的変数と説明変数の間の関係として構造化した計算モデルが得られるため、その結果は人が理解しやすいものになり、人が気づくことで、サービス・システムやマネジメントに人が介入し協調作業を行うユー

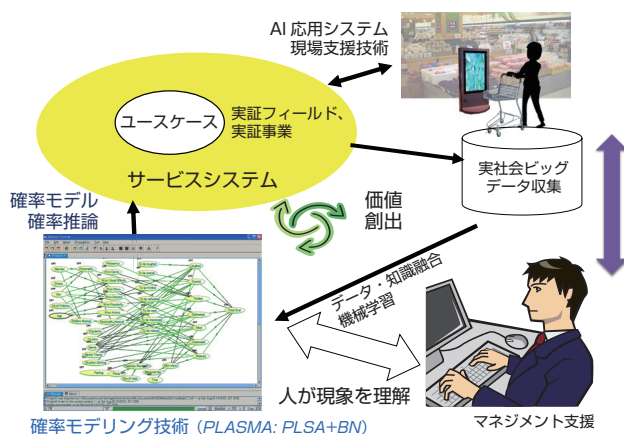


図9 人と相互理解できる次世代人工知能

スペースを開発することができる。つまり、AI 技術による自動実行ができる上に、人がよりよく意思決定できるようになるため、人と AI の協働動作が期待できる。この特性が持続的に働くと、実社会ビッグデータからの機械学習により AI が性能向上しながら、さらに人がその学習結果を利用することによるサービス・システムを通じた経験の可視化、説明可能な知識化、それを通じた適切な現象の再現性が向上する。その結果、現場やマネジメント層、さらに他分野の各ステークホルダーの学習や相互理解も進むことから、AI と人の共進化が期待できる。こうした好循環が人と相互理解できる AI の社会実装を早期に進める大きなメリットである。AITeC の活動により多くのユースケース開発と人材育成が同時に進み、サービス分野（図 10）や製造業分野（図 11）などでの事例が蓄積されている。

AI 技術の研究開発を効果的に進めるためには、AI 技術の研究と産業応用としてのユースケース開発を同時並行して進める戦略が重要になる。そのため、研究所の中に産業応用を進めるステークホルダーを巻き込み、研究と同

時に実際の現場で様々なユースケースを開発し、実際に利用する経験を積み重ねることのできる体制の形成と運営が必要で、AITeC の共創的ユースケース開発が有効に機能している。産総研の研究者が自身のシーズ研究のために、AITeC の WG に参加してユースケースを異業種のメンバと共同して開発した事例も生まれた。こうして開発された新しいユースケースが蓄積され、この蓄積を効率よく管理することで、AI 技術による効果の高いユースケースの特徴が明らかになり、適用先の性質とのマッチングに応じたユースケースの分類も進む。AITeC ではユースケースを管理するためのフレームワーク、管理システムを独自のクラウドシステムとして構築し、トランスディシプリナリー型オープンイノベーションによる共創的ユースケース開発と、その成果の波及を促進する仕組みとして機能していたと言える。

### 5.3 データ知識循環型のサービス・システム構築

近年のインターネットを活用したサービス・システムの発展は目指しく、その基本は利用者を ID により同定し、Web のクリック履歴やネット上の購買履歴などのデータを

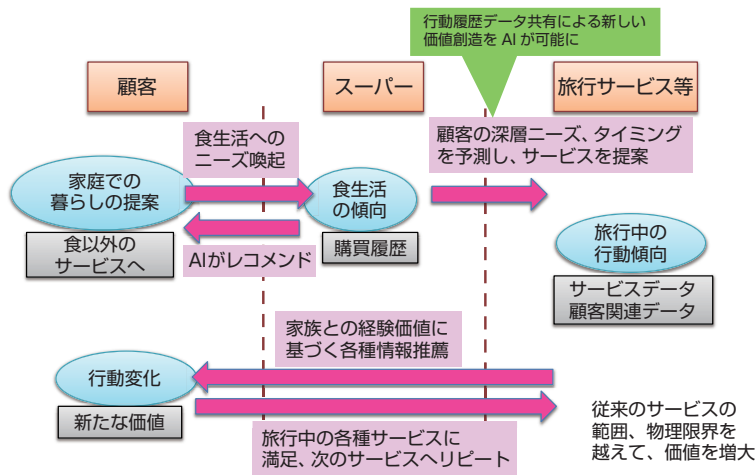


図 10 サービスでのユースケース（例）

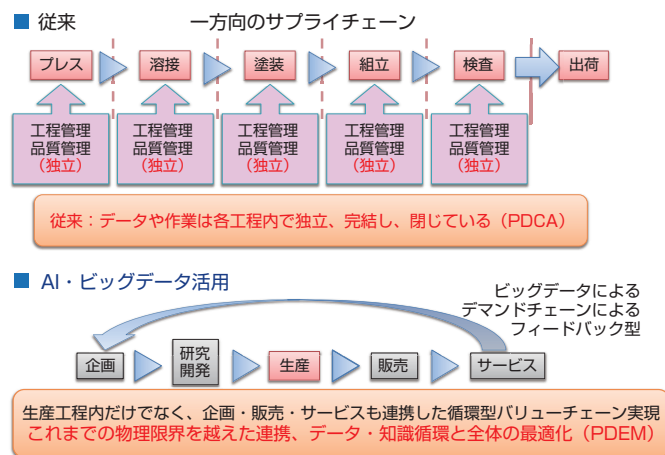


図 11 製造業でのユースケース（例）

集約し、その情報に基づいて、需要予測の精度向上を実現し、サービスや物流の最適化を図るものである。物流コストや欠品・機会損失などのリスクを低減し、顧客ベネフィットと生産性を向上できることが多くの事例により示されている。これは従来の産業の多くが提供側から利用者側へ製品を流通させて対価を得る、一方向的なプッシュ型のシステム（サプライチェーン）であったのに対して、インターネットを通じた利用者側から提供側へは、対価だけでなく、顧客情報や行動履歴などのフィードバック情報が得られるバリューチェーンであることが本質的な変化であった。書店やアパレルといったインターネット化が進む分野の急速な変化を見れば明らかであるように、提供側だけではなく、利用者側の情報も積極的に扱うことのできる循環型バリューチェーンが、今後の競争優位性の鍵となることは間違いない。今後さらに広い分野でキャッシュレスやシェアリングサービスの普及が進むにつれて、この利用者側の情報が提供側に容易に循環できるようになり、利用者側の情報を活用した予測により不確実性にも十分対応できるサービス・システムへと変化していくことが期待できる。サイバーフィジカル化する社会においては、デマンド側からのフィードバック情報を通じて、利用者側のニーズや状況を理解し、潜在ニーズを発掘したり、健康や環境といった社会課題の解決にも寄与できる可能性が生まれる。これまでの順方向の製品を市場に提供する意味でのサプライチェーンだけでなく、製品の利用現場や流通過程で起こる現象を実社会ビッグデータとして収集し、そこから価値（ベネフィット、リスクやコスト）がどのように生成されているのか、ということの説明できる計算モデル、重要な対象を目的変数とした説明変数との関係を構造とした確率モデルを構築・推論した結果を知識として活用するアプローチが実現できる。これまでサプライチェーン一辺倒だった産業構造に利用者側からのフィードバックシステムであるデマンドチェーンを付加し、循環型のバリューチェーンにすることができれば、経済活動を通じて得られる実社会ビッグデータによってデータ

と知識を循環し、リスクやコストを低減し、ベネフィットを向上させることのできる高付加価値で生産性の高い進化したサービス・システムや産業構造へと大きく変えることが可能になる（図12）。

次にデータ知識循環型のサービス・システムの構築が可能であることを AITeC の活動から検証する。電子マネーが普及しキャッシュレス時代となると、これまでの現金では情報としては購買の総額、集計値でしか把握できなかったところが、利用者側の ID と、決済時刻、決済した場所などが履歴として記録されるものとなる。AITeC では、この利用者の ID として、会員カードや来場者のリストバンドとして RF-ID タグを配布し、決済時だけでなくサービス利用中の行動履歴や、健康サービスの利用ログ、測定結果を収集し、確率モデルを構築する実証実験を、お台場でのサイエンスアゴラという科学イベント<sup>[18][21]</sup>や、ビッグサイトでの大規模展示イベント、有楽町での商業施設でのイベント<sup>[22]</sup>、大阪工業大学との連携によるイベント<sup>[23]</sup>、千葉大学との連携による健康イベントなどの複数の実証実験で実施した。この成果は AI タッチラリーと名付けられたシステムと運用方法論として一般化され、展示ブース約 100 箇所、来場者約数千人への対応、リアルタイムでの分析結果を多数の現場スタッフへスマホにより可視化できることなどを確認し、コンソーシアム内の複数のプロジェクトで共有できるパッケージとして確立した<sup>[21]</sup>。プライバシーの保護については、利用者の ID を確率モデリング技術によってセグメント化し、セグメントごとに集計したマイクロ集計データ（マイクロアグリゲーションデータ）として、個人の元のデータには戻せない状態にすることで、安心して共有できる。データプラットフォーム WG では、このセグメント単位でデータを連結、突合することで、これまでは難しかった金融データ、保険データなど他業種のデータとも統合する実験を行い、新たなビジネスモデルの創出、起業にもつながった<sup>[24][25]</sup>。

構築した確率モデルを使った確率推論によって、来場者セグメントの再来場確率や来場者数の変化や、これらの目

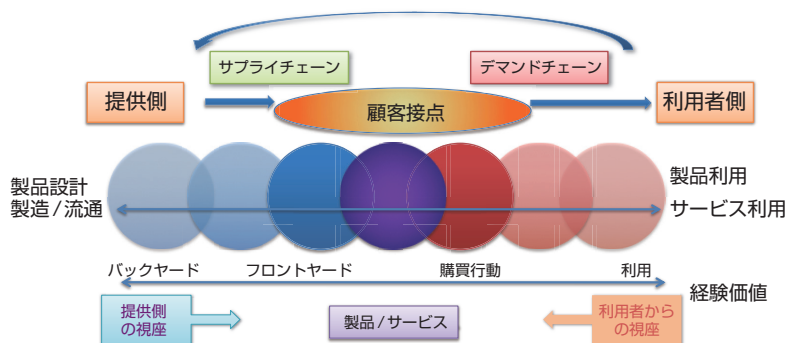


図12 循環型バリューチェーン（サプライチェーンとデマンドチェーン）

的変数を変化させるための条件が予測できるので、その来場者セグメントにあった施策を適切に実施することで、来場者の満足度を高め機会損失や無駄なコストを減少できる。今後、データ知識循環型のサービス・システムで収集できた実社会ビッグデータを十分活用し、広範な応用を可能にするためには、企業内の限定的な活用にとどまらず、データや構築した確率モデルを共有できるプラットフォームを構築し、複数の企業や自治体、経済団体など多機関と連携し、実社会の問題解決を通じて事例と方法論を集積することが求められている。そのために AITeC での事例を広く共有し、大きな効果を上げるための共創的活動と、持続的に運用できるプラットフォームを地域に展開し、人材育成とも合わせて社会実装を進めていくこと、そのために観光 WG を地域支部に発展させることなどを計画している。これにより、AI 技術だけでなく、それを受容し、活用できる地域や社会との相互進化がさらに進むことが期待される。

## 6 考察：人工知能技術導入加速のスパイラルアップ

AITeC の 5 年間の運営を通じて獲得された AI 技術の社会実装を進めて、AI 技術と社会の相互進化への期待が明らかになった。これは、社会的期待として議論されている「情報循環の中でのピースミールに進化論的な変化」<sup>[26]</sup>と言えるものに相違ない。

製造業や品質管理の文脈でこうした循環型の進め方としてデミングが創始したとされる PDCA サイクルがよく知られている<sup>[27]</sup>。PDCA のような循環型の管理方法であっても、新規のサービスや AI 技術を導入した新たなユースケースの場合には、想定通りに効果が上がらない場合がある。コンソーシアムのプロジェクトでは、行動計画の立案 (Plan) では、技術シーズとメンバが揃い受益者となるフィールドがみつければ、たとえ収益性が不明確であっても自己財源の範囲内で実行 (Do) にうつすことができる。また、Check、Action の代わりに、実行した結果を、多様なステークホルダーの幅広い視座から探索的に評価 (Evaluation) し、その結果、その実行計画はもともとどんな意味を持っていたのかに立ち返り、その価値や背景にまで立ち返って、根本からプロジェクトの位置付けも見直す。ステークホルダーは、事前に特定できない場合や、プロジェクトの進行にしたがい新たなステークホルダーの参入が必要となる場合もある。動的、自立的な組織構成はティール型組織<sup>[17]</sup>として不確実性が高まる現在、新しい組織モデルとして注目されているものに近い。オープンイノベーション、価値デザインに関する問題意識から生まれた WG の議論においても自立性の高さ、意思決定の速度が重要視されている<sup>[28]</sup>。

目的を共有するが、スキルセットや所属組織が異なるトランスディシプリナリー型のチームは従来型の固い組織モデルよりも意思決定の速度、自立性が高く、実社会ビッグデータやシミュレーション技術により状況の変化や意思決定支援が受けられる場合にはそのパフォーマンスの向上が大きく期待できる。また、実行した結果もデータからの計算モデル化による可視化、シミュレーションにより深く掘り下げて振り返ることができるようになる。この振り返りは、各ステークホルダーが共有できることで、全体としてのメタ認知やリフレクションを支援するものである。当初の目論見を初期のモデルとすれば、それに基づくプランと実行を経た結果を元に、そのモデル自体を関与する複数のステークホルダーが評価し、実社会ビッグデータからの確率モデリングにより再構築するリモデリングを促進することができる。この繰り返しプロセスを Plan, Do, Evaluation, Modeling のステップによる PDEM スパイラルと名付け、AI 技術の社会実装を加速するための方法論として確立することを目指している (図 13)。この持続的、漸進的なプロセスを用いて、実社会ビッグデータと計算モデルを活用したシミュレーションを実行する技術、新たなステークホルダーを巻き込みながら価値創出のための新たな指標を探索する取り組みを進化させ、再現性を高める仕組みや支援技術を開発することも今後の重要な課題である。

## 7 展望：コミュニティ・人材育成の観点

今後、デジタル化が進んだ事業者同士がつながって、組織のモジュール化が進むと予想される。そして社会や産業のサイバーフィジカル化が進むと、フィジカル空間における従来のサービスが IT 化され、ソフトウェアとしてネットワーク化されるモジュールの組み合わせによって価値が出せる時代になる。多数のモジュールの掛け算ができるようになると、そこで初めて生産性が向上する。そのためには、各モジュールの互換性が高いことが必要である。早い時期に異業種コミュニティをつくって、お互いのリソースを交換し、互換性が高くなるような戦略を立てれば、産業構造変革の実現性が高まる。このように産業がモジュールし、相互に接続するネットワーク化は経産省から Connected Industries というコンセプトとして示されている<sup>[29]</sup>。AITeC はこれをいち早く実現することを意識して、異なるスキルを持った異業種のメンバによる共同プロジェクトの形成を促した。

コンソーシアムの活動を約 5 年実施した結果、参加メンバの中から、WG リーダー、プロジェクトリーダーとなる人材が継続的に現れている。当初から問題意識を持ってコンソーシアムに加入し、コンソーシアム内の他の WG のメンバとして活動に参加する過程で、共通の問題意識と異なる

スキルを持つメンバが数名集まるとプロジェクトが形成される。プロジェクトとして成立すると数ヶ月～半年の期間、勉強会、ワークショップ、調査、試行を一定期間行う。このようにプロジェクト活動が持続的に行えるようになり、メンバの数が10名以上になると、新たなWGとして独立する。各プロジェクトやWGの活動を知り、類似事例を調査することで、地域支部においても新たなプロジェクトを速やかに立ち上げることが可能になった。地域支部は既存のWGリーダーをゲストとして招聘し、新たな地域支部内の活動、プロジェクトの支援も行っている。またこうした交流を加速するために、年に2、3回、WGとプロジェクトをコンソーシアム会員全体に紹介する定例報告会を開催し、新たなメンバの参加も促している。またWGやプロジェクト毎にSNSの利用や、会議室の利用、外部展示会への参加などを事務局が支援している。

新たなプロジェクトやWGの創出、拡大が企業間や地域支部との人的交流により自発的に行われることで、関心と動機、スキルを持ったメンバが協調、共創できる機会、経験が生まれ、自社の競争領域ではない協調領域での連携事例が増加した。また参加メンバの多くから産総研の研究者と日常的に交流し、AI技術に習熟する機会を増やし、プロジェクトリーダー経験や社外人材と協業を経験できるメリットは大きいとの評価も得ている。

さらに、こうした経験を共有したメンバ同士が、コンソーシアム内の活動で実績と相互の信頼を育み、自社の案件においても協調することとなり、従来考えられなかった体制で競争領域においても協業する事例も現れている。それと同時に産総研技術の社会実装事例も増加している。具体的には、ビールの推薦を行うAI応用アプリケーションを複

数企業が共同で開発、東京と神奈川の2店舗のレストランで行った実証実験、学生との連携事例である大阪工業大学梅田キャンパスでのAI自動販売機アプリや、お台場で毎年行われるサイエンスアゴラ、東京ビッグサイトや都内商業施設で実施したAIタッチラリーやAIデジタルサイネージによる実証実験などがある<sup>[18][23]</sup>。これは、産総研技術そのものだけでなく、技術を活用したユースケースやサービスの開発事例や技術導入事例、プロジェクトの外部への可視化が可能になることの効果が大きい。実際、これらの実証実験を体験した別の企業から新たな実証実験の依頼などが増加した。従来の産総研内の連携では、研究者や開発者同士の横のつながりはあるが、社会実装のためにはそれに加え、技術の提供側と利用者側を結びつける縦のつながりが重要である。とくに機械学習分野ではデータが生成される場所とアルゴリズムが開発される場所の間の距離が物理的、人的に遠いため、この間をつなぐことのできる人的ネットワークをどのように構築するかが重要なポイントであり、この点で共創的なユースケース開発や、多機関連携での実証実験による事例の外部への可視化は有効に機能した。

技術の社会実装やユースケースの開発は、科学におけるユニバーサルな真理の探求とは異なり正解が一つとは限らないため、多様な価値観の並列的探索が重要になる。研究者が陥りがちな個々の手法、技術やその背後のディシプリンの優劣の比較のみに時間を費やすのではなく、ステークホルダーそれぞれの技術と課題にとって適切なユースケース、つまり再現性が高く、有効性のある事例を生み出すことが自然と優先される。失敗も想定した試行を経て、再現性と成功確率を高めるために、実証実験は異なるフィール

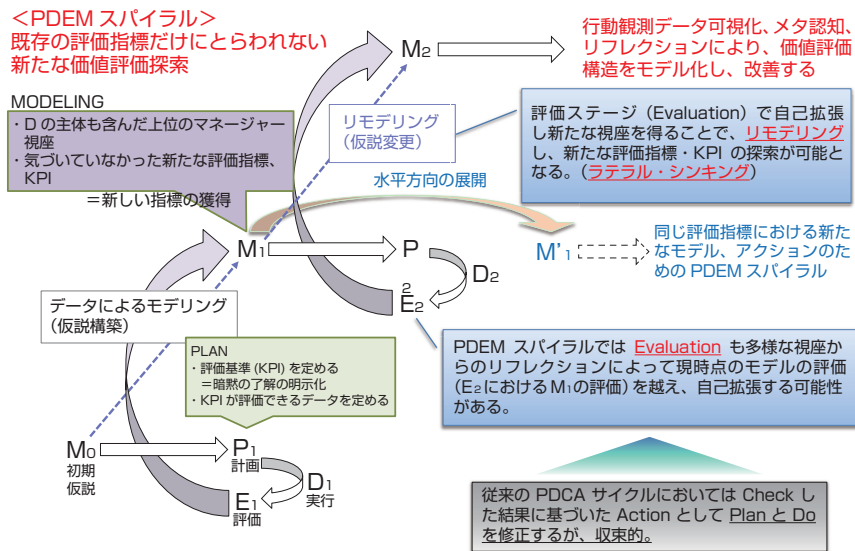


図13 PDEM スパイラル

ド、異なるメンバでも繰り返し行われる。そのためにクラウドを活用して、個々の実証実験で得られた情報、知見の共有が促進される。この共有のクラウドにより各 WG 間、地域支部との交流も促進されるため、コンソーシアムの拡大にも大きく寄与している。こうした活動によって、社会・産業のサイバーフィジカル化を進めるための人材育成、スキル向上、共有できる情報基盤整備、事例の蓄積が進んでいる。今後は成功事例の生成プロセスのマニュアル化、情報基盤整備のビジネス化、課題解決手法、コミュニティ育成手法の標準化にも取り組み、異なる企業間、産業間の連携にも展開していくことが重要であると考えている。

## 8 おわりに

産総研コンソーシアムという制度のもとで、実践的なコミュニティづくり、継続的な実証実験の生成、成長のスパイラルを試行する取り組みとして、AITeC を仮説として設定し、実装、定性的に検証した。インターネットが1998年以降から一般家庭でも使われ始め社会インフラとして定着、その約10年後にはそのインターネットのインフラの上にさらにスマートフォンやそのサービスが統合され、今や生活には不可欠の情報サービスとして定着した。今後、さらに社会のサイバーフィジカルシステム化、Society5.0の実現を進めるためには、情報技術そのものだけでなく、それを進める産業人材の育成、基盤整備、異業種間の連携と、研究コミュニティと実践、課題解決のためのコミュニティの確立、発展が必要である。こうした異分野の交流、トランスディシプリナリー型の共創活動を定着させるために、これまでにない経験を開始、展開するための場づくり、参加者の共通のマインドセットの醸成をAITeCでは実現できた。従来の学会や、産業・事業共同体などの集合体に見られない特色として、提供側と利用者側の連鎖がプロジェクト内、プロジェクト間、異なるWG間、異なる地域間にも波及してきている。技術の社会実装とそれを拡大するためには、従来の特定のコミュニティの壁を乗り越えるトランスディシプリナリー型の活動を可能にする場づくりと、実証実験の可視化、プロジェクトを再現可能にする仕組み化、基盤整備が有効であることが示された。

新しい枠組みへの発展、新規技術が適合するユースケースの開発を進めるためには、初期段階ではリスク、コストが高いかもしれないが、新たな可能性を経験するための実証実験を継続的に行える仕組みが重要である。労働人口減少が進む日本が今のままではいられないことは明らかであり、社会や産業の不確実性は今よりも高くなる。今までの経験が通用しないという前提で、我々はどのように意思決定すべきなのか、を考えてAI技術の応用先を考えるこ

とが必要である。AI技術の社会実装が進むと、そこから新たなデータの集積が加速するため、これまでよりも格段に高い精度、頻度でのデータ収集が可能になる。そこで、本来的には将来何を実現するかという長期的目的を設定し、その本来の目的のためのAI技術が必要となる品質の高いデータを取ることを考えて、初期のAI技術を導入するフィールドや利用方法（ユースケース）を考える戦略が重要である。そのために、まず初期利用者を獲得し、初期に実装したAI技術により新しいデータを早く集める。すぐに使えるAI技術を具体的なユースケースのもとでサービス・システムとして構築し、早期に社会実装すること、そのための分野融合型共創的エコシステム形成が有効であった。また、従来のビジネスモデルや産業構造にとどまらず、その枠を越えたAI技術活用の社会実験の事例集積、新たな活動と経験を通じたコミュニティと人材育成、技術評価が行える環境を用意することも重要であった。さらに、それを全国各地、幅広い産業分野に定着できるような共創の場、情報基盤を新たな共有サービス・システムとして構築することを全国に展開できれば、これからのサイバーフィジカル社会、Society5.0に向けて我が国の産業競争力、生活基盤強化を加速できることが期待される。

## 用語の説明

- 用語1： サービス・システム：「提供者と受給者が価値を共創するサービス」を実行するシステム。ここではサービス学、サービス工学のシステムズアプローチが対象とする系の中に人やITシステムも含めた全体のシステム。（参考：[http://ja.serviceology.org/events/doc/20121226\\_foundation\\_arail.pdf](http://ja.serviceology.org/events/doc/20121226_foundation_arail.pdf)）
- 用語2： デジタルトランスフォーメーション：ITが浸透し、人々の生活が良い方向に変化すること（エリック・ストルターマン2004）。データとデジタル技術を活用して、製品やサービス、ビジネスモデルを変革し、競争上の優位性を確立すること。（参考「デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン（DX推進ガイドライン）」）
- 用語3： トランスディシプリナリー：Transdisciplinary, 分野を超えて複数の専門家やステークホルダーが連携すること。
- 用語4： 第4次産業構造革命：IoT、ビッグデータ、AIをコアとした技術革新による産業構造革命（参考：[https://www5.cao.go.jp/keizai3/2016/0117nk/n16\\_2\\_1.html](https://www5.cao.go.jp/keizai3/2016/0117nk/n16_2_1.html)）
- 用語5： ティール型組織（進化型組織）：組織経営の進化形態のうち進化がもっとも進んだ生命体としての特徴を持つもので、相互の信頼関係に基づき、目的実現に向けて自立的に行動できることを特徴とする。
- 用語6： アジャイル型開発：素早く、俊敏に、短い開発期間（イテレーション）を反復する開発手法で、リスクを最小化し、不確実性に適切に対応できるとされている。
- 用語7： リーン・スタートアップ：起業の方法論の一種で、新規サービス・製品を最小コストで試作し、アーリーアダプター（初期採用者）に提供して反応を計測し、その結果からサービス・製品を改良、変更して顧客に受け入れられるものにしていくことで成功する確率を高めるもの。

（エリック・リース『リーン・スタートアップ』伊藤穰一訳、日経BP、2012年）

## 参考文献

- [1] 内閣府：第5期科学技術基本計画，(2016).
- [2] 吉川弘之：サービス工学序説—サービスを理論的に扱うための枠組み—, *Synthesiology*, 1 (2), 111-122 (2008).
- [3] 本村陽一, 西田佳史, 持丸 正明, 赤松 幹之, 内藤 耕, 橋田 浩一：サービスイノベーションのための大規模データの観測・モデリング・サービス設計・適用のループ, *人工知能学会誌*, 23 (6), 736-742 (2008).
- [4] 本村陽一, 竹中毅, 石垣司：サービス工学の技術—ビッグデータの活用と実践—, 東京電機大学出版局, (2012).
- [5] 産業技術総合研究所：社会の中で社会のための サービス工学—モノ・コト・ヒトのための研究最前戦, カナリア書房, (2014).
- [6] 中島秀之, 平田圭二：サービス実践における価値共創のモデル, *サービソロジー*, 1 (2), 26-31 (2014).
- [7] 人工知能技術コンソーシアム: <http://www.ai-tech-c.jp>, 閲覧日2020-2-4.
- [8] 小林直人, 赤松幹之, 内藤耕, 藤田茂, 小野晃: 学術誌「Synthesiology (シンセシオロジー)」のこれまでとこれから—イノベーション創出のための構成型研究をめざして, *情報管理*, 55 (10), 722-734 (2013).
- [9] 本村陽一：次世代人工知能技術, *情報処理*, 57 (5), 466-469 (2016).
- [10] 小野晃, 赤松幹之, 小林直人：構成型研究におけるシナリオ：その役割と表現—シンセシオロジー誌掲載論文による検証の試み, *シンセシオロジー*, 9 (1), 26-38 (2016).
- [11] 本村陽一, 岩崎弘利：ベイジアンネットワーク技術—ユーザ・顧客のモデル化と不確実性推論, 東京電機大学出版局, (2006).
- [12] 本村陽一：大規模データからの日常生活行動予測モデリング—実サービスを通じたベイジアンネットワークの学習と推論, *シンセシオロジー*, 2 (1), 1-11 (2009).
- [13] 本村陽一：ビッグデータを活用する確率モデリング技術—社会実装の取り組みと課題, *統計数理*, 66 (2), 213-224 (2018).
- [14] 本村陽一：異質性を活かす—サービス学の共通基盤を目指して, *サービソロジー*, 1 (3), 20-23 (2014).
- [15] 中島秀之：フレーム問題, *人工知能学事典*, 共立出版, (2017).
- [16] Y. Motomura and T. Kanade: Probabilistic human modeling based on personal construct theory, *J. Robotics and Mechatronics*, 17 (6), 689-696 (2005).
- [17] フレデリック ラリ：ティール組織—マネジメントの常識を覆す次世代型組織の出現, 英治出版, (2018).
- [18] 高岡昂太, 本村陽一：持続可能なデータ収集を可能にさせるサービスプラットフォームの構築, 第32回人工知能学会全国大会予稿集, 103-OS-15b-01 (2018).
- [19] K. Takaoka, K. Yamazaki, E. Sakurai, K. Yamashita and Y. Motomura: Development of an integrated AI platform and an ecosystem for daily life, business and social problems, *Int'l Conf. Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2018), Advances in Intelligent Systems and Computing*, 787, 300-309 (2018).
- [20] 大和田智之, 山下和也, 大前智嵩, 本村陽一：イベント参加者の属性情報および行動履歴データの分析と活用, 第32回人工知能学会全国大会論文集, 2K4-NFC-3b-01 (2018).
- [21] 山下 和也, 對間 悠一, 大和田 智之, 大塚 芳高, 竹田 会里, 櫻井 瑛一, 高岡 昂太, 澤谷 真澄, 齊藤 裕一郎, 中庭 伊織, 石田 和宏, 長谷 篤拓, 長谷川 裕久, 豊田 俊文, 潤間 励子, 本村 陽一：イベント空間のモデリングによるイベント来場者と企画者の満足最大化, 行動計量学会全国大会抄録集 (suppl), 196-199 (2019).
- [22] 古田真理, 山下和也, 碓井舞, 内藤まゆこ, 本村 陽一：実社会ビックデータと確率モデルを用いた施設内サービス空間でのイベント来場者の行動・感情分析, 人工知能学会第35回社会におけるAI研究会, (2019).
- [23] 豊田俊文, 高岡昂太: AI自動販売機Reco!の概要と, デジタルシティアプリ開発の構想 AI搭載サイネージ型自販機Recoの実社会でのユースケースについて, 行動計量学会全国大会抄録集 (suppl), 204-205 (2019).
- [24] 博報堂: <https://www.hakuhodo.co.jp/news/info/47033/>, 閲覧日2018-5-25.
- [25] 博報堂DYホールディング, <https://www.hakuhodody-holdings.co.jp/news/corporate/2019/10/2338.html>, 閲覧日2019-10-10.
- [26] 科学技術振興機構: 「21世紀の科学・社会を支える新たな教養のあり方を考える」, CRDS-FY2016-XR-02 (2016).
- [27] 石川馨: *品質管理入門*, 第3版, 日科技連, (1989).
- [28] 内閣府知的財産戦略推進事務局: ワタシから始めるオープンイノベーション, 価値共創タスクフォース報告書 (価値デザイン社会実現に資する実質的なオープンイノベーションの実施に関するタスクフォース), (2019).
- [29] 経済産業省: Connected Industries, [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/connected\\_industries/index.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html), 閲覧日2020-2-4.

## 執筆者略歴

本村 陽一 (もとむら よういち)

1993年 通商産業省工業技術院電子技術総合研究所情報科学部情報数理研究室研究員。2001年 独立行政法人産業技術総合研究所情報処理研究部門主任研究員。2003年 同研究所デジタルヒューマン研究センター主任研究員。2008年同研究所サービス工学研究センター大規模データモデリング研究チーム長。2011年 同研究所サービス工学研究センター副研究センター長。2015年4月 国立研究開発法人産業技術総合研究所情報技術研究部門副部門長。2015年5月 同研究所人工知能研究センター副研究センター長。2016年より同研究所人工知能研究センター首席研究員兼確率モデリング研究チーム長。東京工業大学特定教授、神戸大学客員教授、統計数理研究所客員教授、産総研人工知能技術コンソーシアム会長も兼務。



## 査読者との議論

### 議論1 論文全体

コメント (持丸 正明: 産業技術総合研究所)

新しい知識を含んだ内容ですが、基盤技術と活動を紹介する解説記事的な構成になっていて、論文の中核となる「Research Question」が何で、それをどう検証したかが読者に分かりにくい。査読者は、この論文の中核は「サービス(ニーズ)→データ→AI技術(シーズ)」からなるサイクルであると理解しました。だとすれば、この論文の Research Question は「このサイクルを実現する方策として、新しいスタイルのコンソーシアム活動は有効であったか」というものだと思います。そして、その仮説検証の過程から「PDEM スパイラル」という新しい枠組みが見いだされたかと考察するのが良いでしょう (PDEM スパイラルという枠組みで考えることの有効性は、この論文では検証し切れていないので、考察で論ずるにとどめる)。そのような論理構成で、論文全体の構成を組み替えてみてください。

回答 (本村 陽一)

論理構成についてのご助言、誠にありがとうございます。研

究の起点、すなわち、達成されるべき社会像を Society5.0 であると、第 5 期科学技術基本計画を引用して「社会のサイバーフィジカルシステム化」が有効であることを冒頭で論じました。その上で、「社会のサイバーフィジカルシステム化」を実現する方策としてのコンソーシアム活動が有効であるという仮説、AITeC の実装、活動結果に基づく検証という構造を明確化いたしました。

## 議論2 タイトル

コメント (持丸 正明)

論文のタイトル「人と相互理解できる AI 技術によるデータ知識循環型社会の実現へのシナリオ～産総研人工知能技術コンソーシアムにおけるトランスディシプリナリー型のオープンイノベーション～」が、本当に論旨にあったものなのか、再考ください。査読者は、副題の方が論旨に近く、たとえば「データ知識循環型社会実現に向けたトランスディシプリナリー型オープンイノベーションの有効性 ～産総研人工知能技術コンソーシアムの活動～」のようなものではないかと思えます。

回答 (本村 陽一)

ご指摘の点を踏まえて、主題と副題を入れ替え、また先行研究との接続性を高めることを目的として、「産総研人工知能技術コンソーシアムにおけるトランスディシプリナリー型のオープンイノベーション～人と相互理解できる人工知能技術による Society5.0 実現へのシナリオ～」と変更しました。

## 議論3 用語

コメント (持丸 正明)

この論文において利用者、提供者などのステークホルダーは極めて重要です。本文中には登場しない「マネージャー」が図(PDEM の図)中に登場したり、利用者に近い生活者や顧客という用語が登場したりします。まずは、論理構成に必要なステークホルダーを整理し、それらを明瞭に使い分けるようにしてください。

回答 (本村 陽一)

ステークホルダーを、人工知能技術が利用される状況でのものと、オープンイノベーションの場におけるもの、に分けて記述するように整理と用語の統一を行いました。

コメント (持丸 正明)

タイトルにも含まれる「トランスディシプリナリー型」は、この論文の後半で何度か出て参りますが、具体的にどの分野 (discipline) を横断する (trans-) のか、よく分かりません。学術分野を意味するのであれば、知識循環型社会の実装において、どのような分野横断型の取り組みが必要と考えるのか (仮説) と、コンソーシアム活動では実際にどのような分野横断型の取り組みが行われ、それが成功の要因となったのか (検証) を、もっとしっかり記載すべきです。この部分は、この論文の中核的な箇所であると理解しています。

回答 (本村 陽一)

トランスディシプリナリー型でチームを構成する必要性を目的共有するステークホルダーの自律的な取り組み (ティール組織) として位置づけ、AITeC における仮説、実装、検証と、考察のそれぞれの中で議論する形にいたしました。

コメント (小林 直人:早稲田大学)

この論文で使用している AI という言葉ですが、AI = ディープラーニング (機械学習) という理解でいいでしょうか。また AITeC が狙う次「世代人工知能」はディープラーニングを超えて、確率的推論能力を備えた新たな AI と考えていいのでしょうか。

また、「『人間と相互理解できる次世代人工知能技術研究開発』で開発された確率モデリング技術の場合には、学習した結果はヒトが理解しやすいものになる」と書かれてありますが、それは何故でしょうか?例えば、目的変数と説明変数を予め決めておくので、その枠を超えた結論が出る可能性は低いので、ヒトが理解しやすいものになる、と考えていいのでしょうか?

回答 (本村 陽一)

AI という語の使用に一貫性がなかったこと、説明不足の点、ご指摘の通りと思います。人工知能技術のうちデータから学習する機械学習、その中の計算モデル、その一つとしての確率モデルといった整理を行い、人と相互理解できる人工知能技術の必要性と意義、参考文献なども記載しました。「人が (現象を) 理解しやすい」「人と相互理解できる」という意味につきまして、現象と目的変数、説明変数、フレームによる関係整理を行い加筆しました。

## 議論4 具体的事例の紹介

コメント (小林 直人)

この論文では、AITeC の活動例として多数の WG の活発な活動が説明されていて分かりやすいですが、そのうちの 1~2 件が良いので、図 8「AI 技術によるアプリケーション、サービスの実証」に示されたような事例の実際の効果 (数値を含む) や、産総研技術の社会実装事例の実際の効果を示すと、大変説得力があると考えられるので、是非それを期待します。

回答 (本村 陽一)

ご指摘の点を踏まえて、事例と参考文献を 5 章と 8 章に追加しました。

## 議論5 人間の主体的関わり方

コメント (小林 直人)

この論文は、AI による「デジタルトランスフォーメーション」に実現に向けた技術的課題の克服方法とその実証を示した貴重なものです。一方、今後、循環型バリューチェーンの中でデータ供給側にいる人間の主体的な関わり方に、何か良いアイデアはないでしょうか。行動することにより或いは情報を発信することにより、常に個人のデータが捕捉されていることは、社会生活上或いは政治上もあまり好ましいことではないと思われまます。プライバシー保護と言っても、現在ではあくまでもデータ取得側の意向に依存するように思います。今後の技術的な進歩により、データ供給側の主体性が保証されるような仕組みが可能であるのか、ご意見をお聞かせください。

回答 (本村 陽一)

データ供給側に立つ、「利用者」の役割がとても重要になると思います。現在はデータ提供に同意をしないことで、利用者自身がプライバシー保護を優先することが可能です。しかし、そのような消極的な態度では、便益を得る機会が失われるため、利用者自身がプライバシーの保護と便益のトレードオフを選択すること、そのために同意の表明方法が重要になるかと思えます。我々が行う実証実験では、この同意の取得をできるだけ紙面によるものではなく、電子的に取得するようにしています。これは、今後、同意履歴のデータベースを利用者自身で変更、編集できることを目指し、利用者、すなわちデータ供給側が主体的に自身のデータ利用をコントロールできることを指向するものです。医療分野でもパーソナルヘルスレコードとして、利用者が常時利用するサービスであれば、電子的に同意の再取得や変更が容易になるため、今後、こうした利用者主体の進展が進むと予想しています。