

# 2030年のICTの姿と 新たな技術の方向性



古明地正俊



長谷佳明

## CONTENTS

- I 過去10年間に実現したICTの特徴
- II RINコンピューティング
- III 4次元企業
- IV 4次元企業への進化を遂げるために企業に求められるもの

### 要約

- 1 近年のICT（情報通信技術）の進歩により、「膨大なネットワークデバイス」から得られる情報により「実世界の精密なモデル」を構築し、人間の意思決定の支援や高度な情報処理の自動化などを実現する「知的情報処理」が実現しつつある。
- 2 今後、2030年に向けて、ICTの世界ではIoT（Internet of Things）などによる「Real World（実世界）との融合」、人間の意思決定の支援や高度な情報処理の自動化を促進する「インテリジェント化」、人とシステムとの自然なコミュニケーションを実現する「Natural User Interface」の3分野でさらなる進化が起きると予想される。その結果、人とシステムとの距離は急速に縮まり、互いに共生するような世界になる。
- 3 野村総合研究所（NRI）では、こうしたICTと企業が保有しているサービスやモノ作りのコアを融合させることにより、ビジネスを革新する企業を「4次元企業」と名付けた。今後、4次元企業により新しいサービスや産業が業界の垣根を越えて創出されるだろう。
- 4 現在の企業が、4次元企業に進化するためには、単に外部との連携などから技術を獲得して製品やサービスを作るだけでなく、そこから構築されるビジネスに多様な企業を取り込み、さまざまな価値を創造することが可能な共通基盤の構築が大切である。

本稿は、NRIの50周年記念事業の一環として取り組んでいる、2030年の日本を推考した論文の一つであり、特に2030年に向けたICTの技術的進化について論じたものである。

## I 過去10年間に実現したICTの特徴

NRIでは、2001年よりICTの動向調査とその予測を行う「ITナビゲーション活動」を実施している。以下では、10年前に『知的資産創造』に掲載した「2010年に向けてのITロードマップ」に記載した情報システムの特徴に言及しつつ、過去10年に実現した重要技術について振り返ってみたい。

前述の論文では、情報システムは、「膨大なネットワークデバイス」から得られる情報により「実世界の精密なモデル」を構築し、きめ細やかなサービスを提供するようになると同時に、人の意思決定の支援や高度な情報処理の自動化など「知的情報処理」を実現することが可能になると予想している。

現在の言葉に置き換えるならば、IoTから得られるビッグデータに基づく、サイバー・フィジカル・システムの実現と人の意思決定支援の実現ということになるであろう。

また、現在の情報システムを特徴づける技術として次の3つの技術について言及した。

- ①ネットワークの拡大およびネットワークに接続されるデバイスの増大
- ②情報システムに収集蓄積される膨大なデータにより、構成される実世界モデルの実現
- ③さまざまな情報をリアルタイムで仮想空

間に構築された実世界モデルに対して適用することにより、意思決定の支援や自動化への利用を可能とする知を持ったIT（情報技術）

これら3つの技術は2030年に向けても引き続き重要であると考えられる。本稿では、これらの3つの技術と今後出現すると予想される重要技術の特徴を整理し、2030年に実現するICTについて以下に紹介する。

## II RINコンピューティング

NRIでは、2030年に向けて実現されるICT技術の特徴として以下の3つが重要であると考えた。

- ①Real World（実世界）との融合
- ②インテリジェント化
- ③Natural User Interfaceの実現

そして、これらの3つの技術によって人と機械が共生し、企業活動の変革や豊かな社会を実現することを可能にする技術としてRINコンピューティングという概念を考えた。以下にRINコンピューティングを構成する3つの技術領域について紹介する。

### 1 Real World（実世界）との融合

#### (1)「現実世界」を的確に捉えた

##### 「サイバー世界」が高い価値を生む

身の回りにある、あらゆるモノがデータ化され、製品やサービスへ活用され始めている。この背景には、センサーの高機能化と小型化、低価格化に加え、センサーとネットワークが一体となったチップの登場がある。シスコシステムズのレポート<sup>注</sup>によれば、2015

年、ネットワークに接続されたデバイス数は250億台と見積もられており、20年には、その倍の500億台に上ると予測されている。

これまで散在していたデータがネットワークによって集約され、システムによって解析されることで、データ間のコンテキストを読み解くことが可能となった。ここから得られた知見は、既存の製品を改善するだけではなく、新たなサービスを生み出す源となっている。サービスや製品が、データから成る「サイバー世界」と「現実世界」を行き来し、価値を向上させる世界観が、実世界との融合である。

この一例には、サイバー世界であるオンラインショッピングと現実世界の実店舗を結びつけ、新たな購買体験を実現するオムニチャネルが含まれる。また、次節で詳細を説明するゼネラルエレクトリック（GE）のインダストリアル・インターネットも事例の一つである。

## (2) GEに見る実世界との融合による効果

実世界との融合により、価値の向上を果たした代表例が、GEによる「インダストリアル・インターネット」である。従来、産業機器においては、製品の販売による売上げと、その後のアフターサービスが主たる収入源であった。しかしながら、耐用年数に応じた定期的な保守作業によるアフターサービスでは、付加価値が乏しく、GEの専業ともいえる航空機向けエンジンにおいてさえも、サードパーティによる低価格な保守サービスに取って代わられるという事態が、近年起きていた。これに対し、顧客に対するサービスの高度化によるビジネスの奪還を狙ったものが、インダストリアル・インターネットを用

いた予防保守サービスである。

予防保守サービスとは、機器を構成する部品をあらかじめ定めた耐用年数に応じて定期的に交換するのではなく、故障の予兆を捉え、保守を計画、実施するものである。この予兆をリアルタイムで捉えるために、機器に取り付けられたセンサーと、クラウド上に構築された解析システムPredixが活用される。このサービスがもたらすメリットは、予期せぬダウンタイムの最小化に限ったものではない。安全性を損なうことなく作業回数を最適化し、保守サービスを行う作業員の稼働率を平準化することで、サービスの低コスト化も可能とするものである。

インダストリアル・インターネットを活用したサービスには、政府も巻き込んだものがある。それが、ブラジルのゴル航空の事例である。ブラジルは、2014年にワールドカップサッカーを開催し、2016年にオリンピックを控え、観光客の増加に備える必要があった。しかしながら、空港は飽和状態にあり離発着の効率化が急務であった。そこで、GEは、航路を詳細に分析、政府と協力することで標準航路の見直しと航路の最適化を行うナビゲーションシステムを開発、以前よりも多くの航空機を離発着させることに成功した。

## (3) デジタル化は、先端製品に留まらない

実世界との融合は、先端製品を製造する企業やITサービスに閉じたものではなく、広く活用されるようになると予測される。この具体的な取り組みの一つが、佐賀県窯業技術センターでの、CAD/CAM、3Dスキャナー、3Dプリンターなどのデジタル技術を活用した焼き物作りである。



既に2000年に入る前より、ラピッドプロトタイプングを目的として、3Dプリンターが活用されてきたが、あくまで製品化前の確認が目的であった。その理由は、3Dプリンターを用いて作られた樹脂や紙の型では、熱による変形が避けられなかったためである。このブレイクスルーとなったのが、2003年頃開発された3Dプリンターから直接、石膏型を作るシステムである。3Dスキャナー、CAD/CAMと3Dプリンターを連携することで、職人の持つ暗黙知の再現が可能となった。この技術は、現在では、有田焼を営む3社の型屋で導入され、効果を発揮している。

期待されるデジタル技術であるが、課題もある。製品によっては、3Dプリンターによって作成した型に対し、職人による調整が必要となる場合があるのである。現在のデジタル技術の水準を職人が編み出した製品の精度と比較した場合、残念ながら、まだデジタル技術が職人に並ぶことはできていない。このため、職人の技術に近づけるべく、再現性を高めるための技術改良が続けられている。

3Dプリンターを使った型作りを行うメリットには、近年、大きな問題として取り上げられることの多い職人不足を機械が補うということ以外に2つある。1つは、製品の機能的メリットであり、職人による手作りでは困難な複雑な形を作ることができる点である。もう1つは、大量の型を保存する場所としての、デジタル空間の利用である。一般に、石膏型の耐用回数は100回程度といわれ、型屋はいつでも石膏型を再現できるように、オリジナルの型を保持し続ける必要がある。この保管場所の確保には、倉庫一棟を維持しなければならないこともあり、どこに何があるの

かといった型の管理も課題となっていた。この課題へのソリューションとなり得るものが、データのデジタル化による保存である。また、デジタルデータとして保存できることで、現在の職人の技を後世に残すことも可能となる。

一方で、デジタル化のメリットは、既存の課題を解決するだけでなく、新たなメリットも生み出している。その一つが、CAD/CAMを活用した、離れた海外のデザイナーとのコラボレーションによる製品作りである。これまでとは異なる作り手が焼き物作りに参加することで、共創が実現し、新たな発想での製品の誕生が期待されている。

#### (4) 実世界との融合にとって

##### 望ましいアーキテクチャー

2030年の世界では、実世界との融合は2015年とは比較にならないほど進むと考えられる。自宅、オフィス、果ては日々の通勤で使う電車や道路までもが、サイバー世界とつながり、人々の日常を豊かなものとするであろう。しかし、人とモノが協調し、価値を生み出すためには、応答のリアルタイム性を忘れてはならない。

この観点から、機器の持つべき「知能」は、クラウド上で集中処理されるのではなく、各機器の中、つまりは、クライアントで処理されるべきであろう。一方で、クライアントに蓄積された情報から得られる、「知見」については、クラウドを介して各機器に共有される。つまり、クライアントとクラウド双方のメリットをバランスよくミックスするアーキテクチャーが、実世界の融合を進めるポイントとなると、筆者は考えている。

## 2 インテリジェント化

### (1) ディープラーニングによってもたらされた機械学習のブレイクスルー

情報システムのインテリジェント化を推進する鍵となっているのが、機械学習と呼ばれる技術である。機械学習とは、明示的にプログラミングすることなく、コンピューターが経験（データ）によって知識やルールを獲得できるようなアルゴリズムやシステムを実現するための技術や手法である。

機械学習にはさまざまな手法があるが、近年とくに注目を集めているのがディープラーニング（深層学習）と呼ばれる手法だ。最近では、グーグル、マイクロソフト、フェイスブックといった米国のIT企業がこぞってディープラーニングの研究に取り組んでおり、アップルのパーソナルエージェント「Siri」やマイクロソフトBingの画像検索にもディープラーニングの技術が活用されている。また、2013年にグーグルがディープラーニングの世界的権威であるトロント大学のヒントン教授が立ち上げたベンチャーのDNNリサーチを買収するなど、人材獲得競争も激しくなっており、この分野でのベンチャー企業の買収も盛んに行われている。

ディープラーニングは脳の神経回路を模した機械学習の手法であるニューラルネットの一種である。その構造は、複数の層のニューラルネットから構成されている。前段の層において抽出した低レベルの特徴から、後段の層の高レベルに抽象化された特徴まで自動的に求められることが、従来の手法と大きな違いである。人の場合、何かを識別する際に適当な特徴を見いだすことは自然と行っている行為である。

たとえば人が赤いリングと青リングを識別する場合、色の情報を利用すればいいということは容易に分かる。しかし、従来の機械学習の手法では自ら識別に利用すべき特徴を抽出することができなかつたため、人が事前に色情報を特徴として識別するように指示をしていた。そのため、顔のような複雑なものを認識するためには、目や口などの低レベルの特徴とその配置の関連といった高レベルの特徴を人があらかじめ抽出する必要があった。顔の識別のように対象物が複雑な場合、特徴を機械に適切に教えることが難しいことも多く、機械学習やニューラルネットの適用範囲を狭める大きな要因となっていた。

それに対して、ディープラーニングは特徴を自動的に抽出する機能を有しており、人による抽出なしに学習することが可能となっている。このように、データから特徴を学習する仕組みは「表現学習」と呼ばれている。ディープラーニングで実現した表現学習によって、機械学習の従来の限界を超えられるのではないかと期待が集まっている。

### (2) ディープラーニングから汎用人工知能へ

1950年代に人工知能という研究分野が生まれた当時は、人と同じように考え、学習するシステムを構築するいわゆる「汎用人工知能（AGI：Artificial General Intelligence）」の実現が研究の目的であった。しかし、2度に渡る汎用人工知能の実現に対する失望期を経て、人工知能に対する研究は個別課題の解決を目的とした「狭い人工知能（Narrow AI）」に対する研究が主流となっていた。

現在、AIシステムの代名詞のようになっていくIBMのWatsonも、IBM自らはAIとはいわず、



自然言語を理解・学習し人の意思決定を支援する「コグニティブ・コンピューティング・システム (Cognitive Computing System)」と呼んでいる。これもWatsonが「汎用人工知能」ではなく「狭い人工知能」であるという理解に基づくものであると考えられる。

しかし、近年ディープラーニングによって実現された「表現学習」により、再び「汎用人工知能」実現に対する研究活動が活発化してきている。「狭い人工知能」がチェスや音声認識、自動運転など個別の課題に対応するように設計されているのとは異なり、「汎用人工知能」は、一つのシステムが自己学習し、人と同じようにさまざまな分野の課題を解決することが可能である。

自己学習するシステムの事例として最近よく見られるのが、ディープラーニングに強化学習の手法を適用したものである。米グーグルが買収したDeepMindのチームは、2015年2月に「deep Q-network (DQN)」についての論文を発表した。

DQNは自らゲームのルールを学習し、1日程度の期間で「Breakout」や「Pong」(ブロック崩し)などの2次元ビデオゲームにおいて、人よりハイスコアを獲得するまでに成長する。DQNが実現したものは、汎用的な自己学習の仕組みとまではいえないが、ディープラーニングが汎用人工知能の実現に大きく貢献することを期待させる事例といえよう。

### (3) 自己学習の実現による

#### 人工知能利用の拡大

本論文が対象としている2030年という時期を鑑みると、汎用人工知能が実現している可

能性は低いと思われるが、DQNよりもより広範な領域の課題について、自己学習しながら問題解決するシステムが利用可能になっていると予想される。では、具体的には人工知能によって、どのようなことが実現されるのであろうか。

表1に、人工知能によって実現できるソリューションをまとめた。今後、対象とする事象・業務に対する深い知識に基づいて予測や分析を行い、人の意思決定を支援するシステムや、今までコンピューターが処理できなかった自然言語、画像に対する大規模かつ高速な処理が実現すると予想される。これらのソリューションの多くは現在でも部分的に実用化され始めているが、まだコストがかかるのが実情である。機械学習においてよく利用されている教師付き学習の場合、人工知能に対して品質の高いQA(質問と回答)のセットを、学習データとして大量に用意する必要がある。QAの整備にはかなりの人手が必要となる場合が少なくない。そのため、機械学習を利用する場合、学習データの整備が人工知能の導入に対する当面のハードルとなる可能性がある。

汎用人工知能の時代の入り口となる2030年頃には、教師付き学習が不要となる自己学習技術の進歩などにより、多くの人手を必要とすることなく、より高品質な作業を実現するシステムが安価に利用できるようになることが期待される。

## 3 ナチュラルユーザーインターフェース (Natural User Interface) の実現

### (1) ユーザーインターフェースの進化

人工知能の進化に伴う音声認識や自然言語

表1 人工知能によって実現されるソリューション

業種・業務エリア	利用例
金融	<ul style="list-style-type: none"> <li>不正検知</li> <li>金融工学、自動取引</li> <li>信用リスク管理</li> </ul>
マーケティング・営業支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>Next Best Action</li> <li>カスタマーエクスペリエンス向上</li> <li>ダイナミックプライシング</li> </ul>
サプライチェーン	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造管理</li> <li>需要予測</li> <li>モニタリング・リモートセンシング</li> </ul>
ヘルスケア	<ul style="list-style-type: none"> <li>病気診断支援</li> <li>病気予見システム</li> </ul>
公共サービス・スマートシティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>犯罪予見・防止</li> <li>ルート最適化（救急車両配送）</li> <li>交通システムのインテリジェント化</li> <li>自動運転</li> </ul>
ヒューマンインターフェース	<ul style="list-style-type: none"> <li>自然言語処理</li> <li>文字認識・画像認識・音声認識</li> <li>感情認識</li> </ul>
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>不正アクセス検知</li> <li>迷惑メール対策</li> </ul>

処理技術の発達により、2030年には「人と会話しているようなナチュラルユーザーインターフェース」が実現されるであろう。従来、人と機械とのインターフェースはキーボードやマウスなどが主流であり、機械が受け取ることができる手段に合わせて、人が明示的に情報を与えていた。しかし、今後は人に関する情報や行動を機械が自ら理解するとともに、人に関する情報をより詳細に得られるようになり、状況に応じて機械が適切な対応をするようになる。

スタートアップ企業のHelloGbyeは、自然言語で旅行予約可能な旅行コンシェルジュサービスを試験提供している。たとえば、「明日から2泊3日で、アトランタに旅行をした

いのだけど、ホテルは市内で4つ星、値段は一泊200ドル以内、朝食付き。帰りは、ニューヨークまで15時以降の出発の便が希望だけど、通路側が満席なら、遅い便でもよい」といったように指示を与えると、必要な旅行プランを自動的に組み立て関連する予約を実行してくれる。将来的には、有能な秘書のように依頼者の嗜好やスケジュールから自動的に旅行プランの提案や予約をすることも可能になるであろう。

このように、ナチュラルユーザーインターフェースや人工知能の進化によって、今後は機械による人の業務の代替が進むと予想される。しかし、ナチュラルユーザーインターフェースの活用シーンは、サービス提供におけ



る人の支援や代替のみではなく、社会に対してもっと大きな影響を与えると予想される。

## (2) ナチュラルユーザーインターフェースが実現する人の能力拡張

今後、ナチュラルユーザーインターフェースは、アップルのSiriやHelloGbyeのように、ネットワークサービスとして人の生活や活動を支援するだけでなく、人の能力を拡張するようになるであろう。拡張が期待される人の能力には2種類ある。1つは知力や知覚能力などの情報処理に関する能力であり、もう1つは筋力のように運動に関する能力である。

人が知覚する実世界をコンピューターやデバイスの機能を利用して拡張する拡張現実(Augmented Reality)という技術がある。この技術は、たとえばグーグルグラスなどを利用して、人が見ている街並みに住所や店舗の情報などを重ねて表示するといったように、実世界を拡張した形で人に情報を提供するため、拡張現実という名称で呼ばれている。しかし、この技術はデバイスなどによって人の知覚能力を拡張し、新たな形で実世界を捉えられるようにする技術と位置づけることもできる。

今後、ナチュラルユーザーインターフェースやグーグルグラスのようなウェアラブルデバイスの進化により、実世界だけでなくネットワークの世界の情報も、望んだときにコンテキストに合わせて利用することが可能になるなど、人の知力や知覚能力の拡張はますます増大するであろう。

こうした人の能力の拡張は、運動に関する領域でも今後活用が進むと予想される。筑波大学発のベンチャー企業サイバーダインは、

身体機能を改善・補助・拡張することができるサイボーグ型ロボットであるHAL (Hybrid Assistive Limb) を開発している。利用者は、身体にHALを装着することで、「人」「機械」「情報」が融合し、身体の不自由な人のアシストや、通常よりも大きな力を出すこと、さらには、脳・神経系への運動学習を促すことができる。たとえば、作業支援用のHALを身体に装着することにより、利用者は重量物を持ったときに腰部にかかる負荷を大幅に低減することが可能となり、重作業を楽に行うことができるようになる。

HALの動作原理は、人が身体を動かすときに脳から筋肉へ送られる信号、すなわち「生体電位信号」を読み取って、その信号の通りに動く。つまりHALは、利用者が脳で考えた通りにその動きをサポートする。このように、HALもナチュラルユーザーインターフェースを備えた、人の運動能力を拡張する機械として捉えることができよう。

将来、機械で人の能力を拡張する技術が進んだ場合、次第に人と機械が融合していく可能性がある。人と機械が融合したものとしては、古くからサイボーグやトランスヒューマニズムという概念があるが、最近では次の段階の人類という意味でヒューマニティ2.0という言葉も使われ始めている。2030年に向けて、ICTのみでなく遺伝子工学など人の能力を拡張する技術が数多く出現すると予想される。そのとき、われわれはあらためて、人のあるべき姿を議論する必要に迫られるであろう。

## (3) 人と機械の共生

ここまでのナチュラルユーザーインターフェースの進化により、個としての人が機械に



よって機能を拡張する可能性について論じた。同様に、企業などの組織においても、ナチュラルユーザーインターフェースを有したインテリジェントな機械と人がいかにして共に活動をしていくかを検討する必要がある。

ナチュラルユーザーインターフェースによって、機械と人とのコミュニケーションの垣根はより低くなり、高度なICTの利用が拡大する。しかし当面は、事前に機械の機能を発揮できるよう環境を整えたり、運用時に人が機械の支援をしたりしなければならないケースが少なくない。

長崎のハウステンボスにあるホテルでは、フロントやポーターなどいくつかの業務をロボットが人の代わりに行っているが、ロボットを利用するために環境面での整備をしている。具体的には、フロント業務を円滑に行うように、客の記帳完了を知らせるためのボタンを用意し、ポーターのロボットが通路を認識するため廊下にタグを埋め込むといった工夫をしている。

また、IBMのWatsonを利用した大手金融機関におけるコンタクトセンターでの利用事例の場合、顧客とWatsonが直接対話するのではなく、コンタクトセンターのオペレーターがWatsonの回答候補から適切と考えられるものを選択している。そして、Watsonが提示した回答が適切である否かもオペレーターが評価するなど、Watsonの回答の品質を高めるための学習データの構築にも、オペレーターが一役買っている。

今後、機械がナチュラルユーザーインターフェースを獲得することにより、人と機械との距離は急速に縮まることになる。その結果、人と機械との間に新たな共生関係が生ま

れると考えられる。しかし、その共生関係をうまく機能させるためには、双方の特徴をよく理解し、お互いに活動しやすい環境を整えたり、人が機械の学習を支援したりする必要がある。企業は、能力を拡張した人と機械とによる新たなチームが力を発揮できるような業務の運用方法を模索することになるであろう。

## Ⅲ 4次元企業

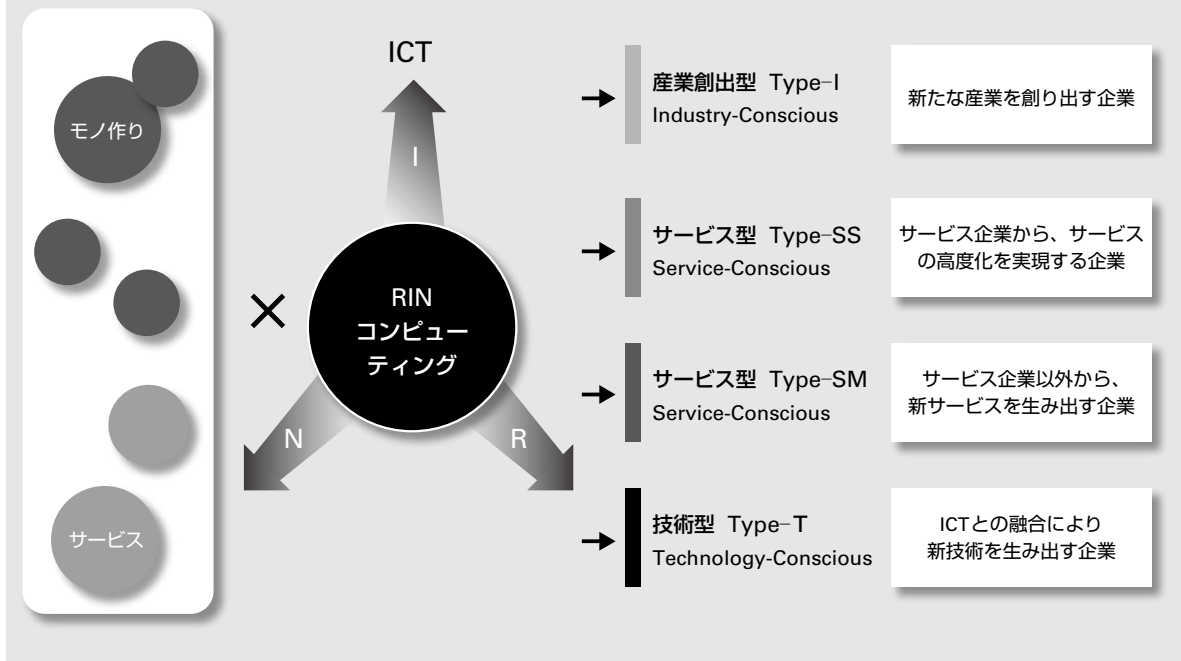
### 1 4次元企業の台頭

NRIでは、サービスやモノ作りのコアとICTを融合させビジネスを革新する企業を意味する言葉として、「4次元企業」という造語を用いている。4次元企業となるためには、ICTとしてRINコンピューティングを構成する3つの技術のすべて、もしくはその一部を有効活用しているものと考えている。モノ作りやサービスのコアとICTを掛け合わせることにより、新しい技術やサービス、さらには産業が創出される。また、サービスは、高度化されることが期待される。4次元企業を4つのタイプに分類し整理したものが、図1である。

「産業創出型 Type-I」は、全く新たな産業を創り出す企業であり、ときとして、既存のビジネスモデルを破壊するインパクトを持つ。

「サービス型」は、2つの種類に分かれ、サービス企業から、ICTの活用によりサービスの高度化を目指す「Type-SS」と、サービス企業以外のモノ作りから、新サービスを生み出す「Type-SM」である。SSとは、Ser-

図1 4次元企業の種類



viceからServiceへの高度化の頭文字を取っている。また、SMとは、ServiceをMonozukuriから生み出すとしてその頭文字を取っている。Type-SSには、既にビジネスでICTを活用している企業が多く、Type-SMには、伝統的なモノ作り産業からの脱皮を図る企業が含まれる。

「技術型 Type-T」は、ICTとの融合により、新技術を生み出す企業である。技術型の企業は、自社の技術を活かすためには、産業創出型やサービス型の4次元企業との連携が必要であるという特徴を持つ。

## 2 自動車産業における4次元企業

4次元企業をより深く理解するため、自動車産業を例に挙げる。その理由は、完成車を販売する企業から部品を販売するサプライヤーに至る、巨大な産業構造を有しており、4

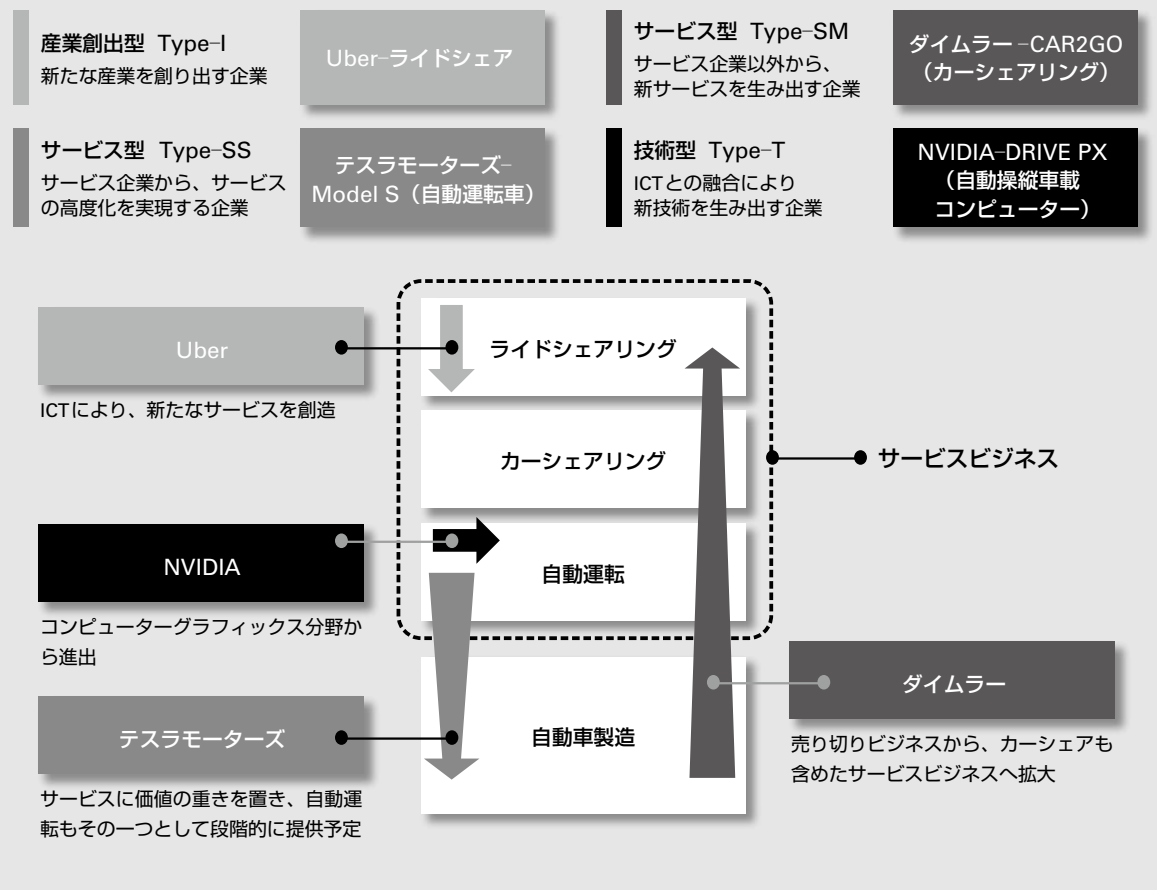
次元企業の各タイプに、取り上げるに足る多彩な企業が存在するためである。今回、取り上げる企業を図2に示す。

### (1) 産業創出型 Type-I : Uber

Uberは、ライドシェアという新たなビジネスを創造した点から、自動車産業における産業創出型の4次元企業である。

Uberは、車の所有者と移動したいという利用者のマッチングサービスによって成り立っている。Uberの利用者は、専用のアプリケーションを用いて乗車したい場所と目的地を入力し、待ち合わせ場所に行く。支払いは、事前登録したクレジットカードによってオンラインで完結し、ドライバーとの金銭のやり取りは一切発生しない。つまり、煩わしいチップのやり取りもない。利用後は、利用者が互いに評価をする仕組みをとっており、

図2 自動車産業における4次元企業例



たとえば、運転が手荒だったり車が汚れていたりすると、ドライバーの評価は悪くなる。ドライバーの評価は、Uberから配車される際の条件にも大きく影響し、稼ぎにも影響を与える。

この仕組みにより、利用者にとっては快適な車での移動ができる全く新しい乗車体験が実現した。一方で、ドライバーにとっては、自家用車を用いて道すがら手すきの時間を活用して稼ぐことが可能となった。

産業創出型の4次元企業が生み出す新産業には、大きな特徴がある。それは、Uberの例にもあるように既存のモノ作りではなく、

サービスに価値を置き、構築したプラットフォームを差別化要因とし、ビジネスを拡大する可能性を有している点である。

## (2) サービス型 Type-SM：ダイムラー

ダイムラーは、いわずと知れた世界的な自動車メーカーである。そのダイムラーも、製造業の枠を越え、ICTを組み合わせることで、新たなサービスビジネスを展開している。サービス業以外からサービス業への進出を行う点により、ダイムラーは、自動車産業におけるサービス型 Type-SMの4次元企業といえる。



CAR2GOは、ダイムラーの傘下でカーシェアリングを展開する企業である。ダイムラーがCAR2GOを進める理由は、近年進む車離れへの対策という単純なものではない。主に欧州の都市部で進む駐車場スペース不足と、自動車を移動手段として手軽に利用したいという要望の両面に応えるためである。

CAR2GOは、ほかのカーシェアリングサービスと違い、事前に会員登録すれば予約なしにその場にある車を手軽に利用でき、指定エリア内であれば自由に乗り捨てしてよい。この手軽さを支える技術がICTである。

ユーザーは、スマートフォンの専用アプリケーションなどを活用し、自身の近くにある利用可能な車をリアルタイムで確認できる。これにより、「スーパーへ歩いて買い物に行き、帰りは荷物が思いのほか多くなったので、車を使って帰りたい」といった際にも、ユーザーの都合に合わせて利用できる。ユーザーの視点に立った利便性の高いサービスとしてカーシェアリングを仕立て上げている点が、従来のカーシェアリングサービスと大きく異なっている。

サービス型Type-SMの4次元企業は、自社製品を利用する際の課題を、ICTを活用したサービスによって解決する点が特徴である。モノ作り企業でありながら、サービスに注力するには2つの理由がある。1つは近年、多くの業界において製品がコモディティ化し、従来型のアプローチである製品の高機能化では、価値の訴求が難しくなったためである。もう1つは、ユーザーの求める価値が、アフターサービスの充実による安心感や製品購入時のサポートなど、付帯サービスに移ったことにある。

### (3) サービス型 Type-SS : テスラモーターズ

テスラモーターズは、ユーザーに提供できる価値についてICTを活用した機能に軸足を置いている。従来の自動車メーカーのような製造業の企業というよりも、ソフトウェア企業、つまりはサービス企業の側面が強い。このため、サービス企業から自社の提供するサービスの高度化を目指す企業として、自動車産業におけるサービス型Type-SSの4次元企業と位置づけることができる。

テスラモーターズの車は、Software-Defined Carとも呼ばれ、ソフトウェアのアップデートにより車の持つ性能や機能が改善され、ときに新機能までもが追加される。従来の車は、販売された時点の機能や性能をベースに維持管理され、より燃費のよい車、運転が楽になる車を望めば、車を買替えなければならなかった。一方で、テスラモーターズでは、常にソフトウェアの改善、機能追加が行われ、ユーザーは購入後も車載コンピューターのソフトウェアをアップデートすることで、新機能を享受することができる。

サービス型Type-SSの4次元企業は、高度にICTの利用を進めた企業といえる。この結果、製品の持つ機能をハードウェアとして作りこむのではなく、将来の機能向上、サービスの高度化を見据え、あえてソフトウェアで実現する。これは、ときに性能面ではハードウェアによる作りこみに及ばなかったとしても、ユーザーの期待するものは、購入時の数%の性能の優劣ではなく、その後の利便性を高めるサービスにあるからである。

### (4) 技術型 Type-T : NVIDIA

NVIDIAは、コンピューター向け画像処理

チップを製造する企業である。NVIDIAの技術は画像処理に留まらず行列演算など、大規模な構造のシミュレーションの用途に応用可能である。このような使い方は、GPGPU (General-purpose computing on graphics processing units) と呼ばれ、この特性との親和性が高いものの一つが、人工知能のアルゴリズムとして近年注目されるディープラーニングの計算処理である。NVIDIAは、いち早くこの点に着目し、ディープラーニングを活用した物体認識技術を開発、自動操縦車載コンピューター向けのシステムとして「DRIVE PX」を販売している。

NVIDIAは自社のコア技術を活かし、テスラモーターズに採用され、アウディと自動運転技術の開発で連携するなど、自動車業界への進出を進めている。以上からNVIDIAは、自動車産業における技術型の4次元企業と考えることができるであろう。

技術型の4次元企業は、ほかの4次元企業との連携によって価値を高めている。NVIDIAは、たとえばサービス型Type-SSの4次元企業であるテスラモーターズと提携関係にある。これまで、技術に強みを持つ企業は、自社のコアコンピタンスたる製品の性能や機能を高度化することで価値を高めてきた。NVIDIAも、かつては、画像処理チップのメーカーとして、同業他社と処理性能を尺度として戦いを繰り広げてきた点は相違ない。

しかし、NVIDIAがほかのチップメーカーと異なるのは、4次元企業と連携することで自社製品の持つ新たな価値に早期に気付いた点である。単なる技術系企業から技術型の4次元企業に変わるためのキーは、他業種の企業との積極的な連携によるイノベーションに

ある。

## (5) 自動車産業の未来と

### オープンイノベーション

自動車産業を事例として、4次元企業の4つのタイプを整理した。この整理から分かることは、その産業が有していた既存のビジネスからの価値のシフトである。自動車製造というモノ売りの枠を越え、価値の主戦場は、サービスビジネスに移っていくと予測される。コンピューターや携帯電話でかつて起きたようにモノ作りそのものが高度化し、製品のコモディティ化が進むと、性能面では差別化が困難となる。このため、自動車産業を牽引してきたメーカーは、ユーザーの移動体験を高度化するために、これまで以上にサービスに注力するものと考えられる。

近い将来、登場し得る自動運転技術の実用化により、車内での時間の使い方は、今とは全く異なるものとなる。この空き時間に対し、新たなサービスが誕生することは容易に想像できる。たとえばトラックによる配送では、自動運転と高速道路の流量の調整により、目的地まで安全に、かつ遅れることなく運ぶことが期待できる。少し想像を働かせただけでも、日常生活を改善するアイデアは数限りない。

一方で、新たなサービスを支える技術は、技術型4次元企業が大きな役割を担う。ユーザーの要望に対して、アイデアを実現するために技術開発に数年もかけるというのではなく、技術の持つ本質を目利きとして見極め、組み合わせることができる匠の力が必要となる。このため、既存のビジネスパートナーを越えた、技術を持つ企業と技術を求める企業

間の連携、つまりオープンイノベーションの取り組みが、今後より一層活発になると予測される。

#### (6) 4次元企業への発展は、

##### あらゆる産業へ影響を与える

既存の企業が、自社のコアとRINコンピューティングを掛け合わせることで4次元企業へと発展していく一例を、図3として示した。昨今の、ICTを積極的に活用し、新たな金融サービスの実現を目指すFinTechのムーブメントは、4次元企業が誕生する過程にあるともいえる。しかし、4次元企業の誕生は、自動車産業などの製造業や、サービス業に留まらないとNRIでは考えている。

その具体例が1次産業、農業でのロボット活用を進める米国ブルー・リバー・テクノロジーである。同社は、LettuceBot（レタスポット）という製品を開発し、大規模農業の中に人の手作業の細やかさを実現した。

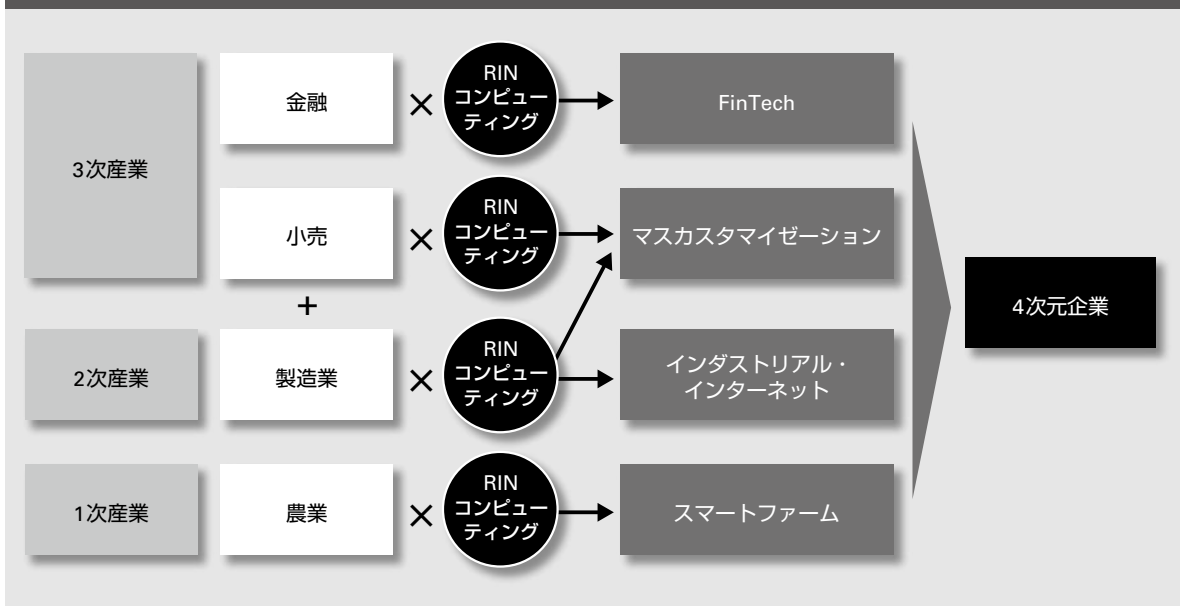
LettuceBotは、画像認識技術と機械学習により苗ごとの生育状況を把握、備え付けられたロボットアームにより間引き作業、雑草の除去、生育状況に応じた農薬の散布の最適化が可能となっている。

この結果、均一に農薬を散布する従来方式に比べ、農薬量を抑えながらも収穫量を向上することに成功した。ブルー・リバー・テクノロジーは、半導体工場などの生産現場で使われていた画像認識技術を農業に転用した、技術型4次元企業といえる。開発された技術は、人手不足への対応、そして商品の価値向上にも効果があると思われる。

## IV 4次元企業への進化を遂げるために企業に求められるもの

4次元企業となるためには、自社のサービ

図3 4次元企業への発展例



スやモノ作りのコアとRINコンピューティングを構成するICTを組み合わせることが必要であると述べた。しかし、4次元企業の真価である新しい技術や、サービスの創造などをするためには、単に技術を揃えるだけでは十分ではない。自動車産業の事例で示したように、企業の枠組みを越えた連携、オープンイノベーションの取り組みが必要となる。つまり、既存のパートナー企業や産業といった垣根を越えた企業と連携する「仕組み」が4次元企業となるための鍵といえる。

この仕組みの参考となるのが、マルチサイド・プラットフォームであろう。マルチサイド・プラットフォームとは、異なる産業に属する企業やユーザー間を直接結び、さまざまな価値を創造するための共通基盤を指している。たとえば、商品を売りたい店と商品を買いたい顧客を結びつける楽天市場は、マルチサイド・プラットフォームといえる。オンラインだけではなく、三菱地所など大手不動産会社が展開する大規模ショッピングモールも、娯楽やショッピング、学習、さらには特設イベントに至る魅力的な価値を提供する場として、マルチサイド・プラットフォームといえる。

マルチサイド・プラットフォームを成功へと導くための重要な要素が、プラットフォームに参加するユーザー数と企業数、そして多様性である。たとえば、NVIDIAのような技術型4次元企業であっても、自動操縦車載コンピューター向けのシステムとして「DRIVE PX」をプラットフォームとして開発し、積極的に自動車メーカーに活用を呼びかけている。4次元企業として成功するためには、自らがマルチサイド・プラットフォームの支配

者となるか、もしくは参加することが必要となる。マルチサイド・プラットフォームを通じて新たな市場、顧客、そしてパートナーを獲得することが、4次元企業となりマーケットで成功者となるモデルの一つであると筆者は考えている。

GEは、同社が開発した解析システムPredixをクラウドサービスとして他の企業にも解放し、アプリケーションの開発を促している。自社で開発したサービスをインターネット上のサービスとして、そのアプリケーションプログラミングインターフェース（API）を提供することによりプラットフォームの拡大やエコシステムの構築を目指す考え方は、最近ではAPIエコノミーと呼ばれ、新しい経済圏を構築するものとして期待されている。

ソフトウェアやサービスをAPIという形で利用できるようにするという考え方は、ソフトウェア部品の再利用による、ソフトウェア開発の生産性向上や品質向上のための方法論として、従来からあった。しかし、APIエコノミーは、ビジネスの拡大や迅速なサービス提供、さらにはAPIを活用したサービスの増加による顧客経験価値の向上といったビジネス上の価値の増大を目的としたものである。

たとえば前述のUberは、自社の配車サービスから利用可能なAPIを提供しており、フォースクエアやハイアットなどの多くの企業が、UberのAPIを自社スマホアプリに組み込んでいる。そして、フォースクエアなどのスマホアプリ経由でUberのタクシーが利用された場合には、Uberはその対価をフォースクエアなどに支払うというビジネスモデルになっている。このような仕組みによって、APIの利用企業は、自社の顧客向けにより高



い顧客経験価値を提供することが可能となる。また、Uberは他社のインフラを利用してより多くの顧客にリーチすることが可能となる。

今後、多くの企業がIoTなどの新しいインフラを活用して得られるデータを蓄積し、それをビッグデータ分析や人工知能を利用することにより多くの高付加価値サービスが実現されることであろう。しかし、それらから得られる価値を最大化し、他社との差別化を考えた場合、利用を自社内だけに留めるのではなく、API公開することによって価値をいっそう高めることが可能となる。単に外部から技術力などを獲得するだけでなく、そこから構築されるビジネスに多様な企業を取り込むことのできる企業こそが、真に4次元企業

へ進化する企業となるであろう。

注

[http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf)

著者

古明地正俊（こめいちまさとし）  
デジタルビジネス推進部上席研究員  
専門は先端技術の動向調査および技術戦略の立案など

長谷佳明（ながやよしあき）  
デジタルビジネス推進部主任研究員  
専門は先端技術動向の調査・分析、人工知能、ロボティクス、IT基盤技術など

監修：常務執行役員 綿引達也