

ITの最新動向と今後の方向性

— ITでビジネスを革新する「4次元企業」とは —

野村総合研究所(NRI)は、2001年よりITの動向を調査し未来を予測するITナビゲーション活動を実施している。本稿では、この活動に基づいて、現在の注視すべきITの動向であり将来的にも重要な意味を持つ「RINコンピューティング」について解説し、これを事業のコアと結び付けてビジネスを革新するために何が必要かを論じる。



野村総合研究所 IT基盤イノベーション本部
デジタルビジネス開発部 上席研究員

こめいち まさとし
古明地 正俊

専門は先端技術の動向調査および技術戦略
の立案など



野村総合研究所 IT基盤イノベーション本部
デジタルビジネス開発部 上級研究員

ながや よしあき
長谷 佳明

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

RINコンピューティング

NRIでは、現在のITの動向として最も注視すべき点は、実世界（Real World）との融合、インテリジェント（Intelligent）化、ナチュラル・ユーザーインターフェース（Natural User Interface）の3つと考えており、この3つが実現された状態を、それぞれの英語の頭文字を取ってRINコンピューティングと名付けた。RINコンピューティングは今後さらに進化し、ビジネスの変革や豊かな社会の実現に重要な役割を果たしていくと考えられる。

(1) 実世界との融合

① 新しい価値につながるデータ活用

身の回りのあらゆる物の状態がデータ化され、そのデータが製品やサービスへ活用され始めている。この背景には、センサーの小型化、低価格化に加え、通信機能を持ったセンサーの登場がある。米国Cisco Systems社のレポートによれば、ネットワークに接続された機器の数は、2015年で250億個、2020年にはその倍の500億個に上るとい

う（www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf）。

これまでさまざまな機器に散在していたデータがネットワークを通じて集約され、システムによって解析されることにより、データの意味やデータ間の関連を読み取ることが可能になった。そこから得られた知見は、製品の改善や新製品の開発に役立つほか、新しいサービスを生み出す元ともなる。サービスや製品が、データに基づいたサイバー（仮想）世界と実世界とを行き来し、自身の価値を向上させる。NRIはこのような状態を、サイバー世界と実世界との融合と呼んでいる。

オンラインショッピングや実店舗などのさまざまなチャネルを連携させて顧客にアプローチしようというオムニチャネルは、実世界との融合の代表例の1つである。

② ビジネス変革の原動力として

サイバー世界と実世界との融合によりビジネスを変革した実例として、米国General Electric社の取り組みが挙げられる。同社は大規模な産業機器の販売とその後のアフターサービスを主な収入源としている。しかし、

耐用年数に応じた定期的な保守サービスは付加価値が乏しく、同社の主力商品である航空機エンジンでさえ、近年ではサードパーティーの低価格なサービスに取って代わられることもあった。

そこで同社が取り組んだのが、センサーとネットワークを用いたタイムリーな予防保守サービスである。あらかじめ定められた耐用年数に応じて定期的に部品を交換するのではなく、故障の予兆をリアルタイムに捉えて保守を行うサービスである。そのために、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。航空会社にとっては、予期しないダウンタイムを最小化できるだけでなく、航空機の安全性を損なわずに保守回数を減らすことができれば、保守コストを減らすことも可能である。General Electric社は、センサーとネットワークを用いたこのようなサービスを「インダストリアルインターネット」と名付け、各分野で取り組みを強めている。

③望ましいアーキテクチャーとは

サイバー世界と実世界との融合は今後ますます進んでいくと考えられる。自宅やオフィスだけでなく電車や道路までもがサイバー世界とつながるようになれば、人々の生活はもっと便利なものになるであろう。

サイバー世界と実世界の融合が価値を生み出すためには、応答のリアルタイム性が重要なポイントになる。この観点から、機器の持つデータはクラウド上で集中処理されるのではなく、各機器の中で処理されるべきであろう。一方で、各機器に蓄積されたデータから得られる知見（情報）は、クラウドを介して

各機器に共有される。そのため、機器とクラウドの双方の利点をバランスよく得るためのアーキテクチャーが必要になると思われる。

(2) インテリジェント化

①進化する機械学習

インテリジェント化の鍵となるのが、機械学習と呼ばれる人工知能技術である。機械学習とは、明示的にプログラミングをすることなしに、コンピュータがデータ（経験）によって自律的に知識やルールを獲得できるようにする技術のことである。

機械学習にはさまざまな手法があるが、近年、特に注目を集めているのがディープラーニング（深層学習）である。最近では、米国のGoogle社、Microsoft社、Facebook社といったIT企業がこぞって研究に取り組んでおり、Apple社の音声エージェント「Siri」やMicrosoft社の検索エンジン「Bing」の画像検索にもディープラーニングが活用されている。

ディープラーニングは人間の脳の神経回路を模したニューラルネットワークの一種である。従来の機械学習では、例えば人間の顔のような複雑なものを認識するためには、目や口の形といった低レベルの特徴と、それらの関連（配置）という高レベルの特徴を、人間が情報として与える必要があった。複数の層のニューラルネットワークで構成されるディープラーニングは、前段の層で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を自律的に認識することができる。ディープラーニングが従来の機械学習の限界を超えられるのではないかと期待されているのはこのためである。

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	不正検知、金融工学、自動取引、信用リスク管理
マーケティング・営業支援	Next Best Action、カスタマーエクスペリエンス向上、ダイナミックプライシング
サプライチェーン	製造管理、需要予測、モニタリング・リモートセンシング
ヘルスケア	病気診断支援、病気予見システム
公共サービス・スマートシティ	犯罪予見・防止、ルート最適化（救急車両配送）、交通システムのインテリジェント化、自動運転
ヒューマンインターフェース	自然言語処理、文字認識・画像認識・音声認識、感情認識
セキュリティ	不正アクセス検知、迷惑メール対策

②自己学習の実現による人工知能利用の拡大

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人工汎用知能（Artificial General Intelligence：AGI）の実現が目的であった。しかし、その実現の困難さから、研究の主流は個別課題の解決を目的とした“狭い人工知能”に移っていった。現在、人工知能の代名詞のようにになっている米国IBM社の質問応答システム「Watson」も、同社では人工知能とは呼ばず、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（認識の）コンピューティングシステム」と呼んでいる。これも、「Watson」が“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。

近年、ディープラーニングによって表現学習（特徴の自動抽出）が実現されたことで、再び人工汎用知能の研究が活発化してきた。最近よく見られるのが、ディープラーニングに強化学習（何らかの決定の結果として報酬を得ることにより正しい決定に近づいていく機械学習の手法）を適用したものである。その1つが、2015年2月に英国Google DeepMind社（Google社が英国DeepMind社を買収して2014年に誕生）が発表した人工

知能アルゴリズム「deep Q-network（DQN）」である。ブロック崩しなどのビデオゲームでは、DQNは自らゲームのルールを学習し、1日程度で人間より上のスコアを得るまでに成長するという。2016年3月には、DQNを使用した囲碁人工知能「AlphaGo」が韓国のイ・セドル9段を4勝1敗で破ったニュースが大きな反響を呼んだ。

人工汎用知能がすぐに実用化される可能性は低いと思われるが、DQNよりも広い範囲の課題について、自己学習しながら問題解決するシステムは、そう遠くない将来に利用可能になっていると予想される。

表1に、人工知能の適用が期待され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人間の意思決定を支援するシステムや、自然言語や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、まだコストが掛かるのが実情である。例えば、品質の高いQ&A（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。しかし、人工汎用知能の時代の入り口となるとと思われる2030年ごろには、教師付き学習が不要な自己学習技術の進歩など

により、高品質な作業を可能にする安価なソリューションが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の実現

①ユーザーインターフェースの進化

音声認識や自然言語処理技術の発達により、人と会話しているようなユーザーインターフェースは、近い将来に実現されているであろう。キーボードやマウスなどのインターフェースは機械に合わせて人間が指示を与えるものだが、将来のインターフェースは機械が人間の意思や行動を理解し、状況に応じて適切に対応するようなものになる。

そのようなインターフェースは既に実用段階に入ろうとしている。例えば、米国の新興企業HelloGbye社は、旅行プランを話すだけで人工知能が内容を認識し、飛行機やホテルの予約をしてくれるモバイルアプリ「HelloGbye」(試用版)の提供を始めている。

②インターフェースによる人間の能力の拡張

人間の生活や活動を支援するナチュラル・ユーザーインターフェースは、さらに人間の能力も拡張する。例えば眼鏡型ウェアラブル端末のGoogle Glassは、眼鏡を通して見ている街並みに店舗の情報などを重ねて表示するといった使い方がある。実世界が情報によって拡張されると見なされることから、このような技術は拡張現実 (Augmented Reality) と呼ばれる。これは人間の知覚能力を拡張させるものということもできる。

人間の能力の拡張は、運動に関しても進むと予想される。2004年に筑波大学大学院のシステム情報工学研究科・サイバニクス研

究センターの研究成果を基に設立されたサイバーダインは、サイボーグ型ロボット「HAL (Hybrid Assistive Limb)」を開発した。体に「HAL」を装着すると、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できる。HALは、装着した人が身体を動かす時に脳から筋肉へ送られる生体電位信号を読み取って、その動きをサポートする。HALも、ナチュラル・ユーザーインターフェースを備えた、人間の運動能力を拡張する機械と捉えることができよう。

③人間と機械の共生

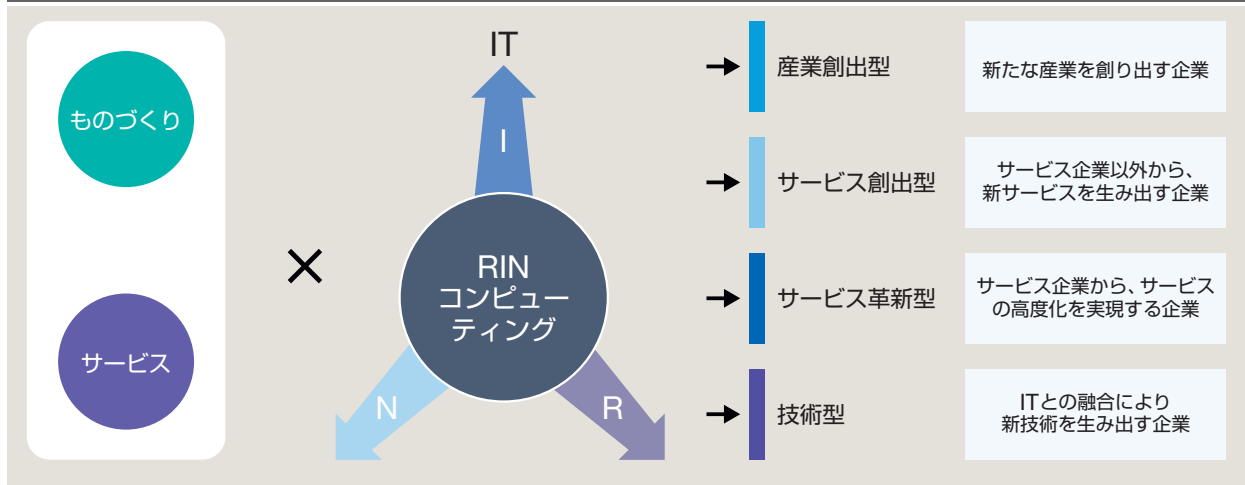
ナチュラル・ユーザーインターフェースによって、人間と機械とのコミュニケーションの垣根は低くなっていく。しかし当面は、双方の特徴をよく理解し、互いの活動する環境を整えることや、人間が機械の学習を支援することが必要であると思われる。

例えば、長崎のテーマパーク、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の業務にロボットが導入されているが、フロント業務では客の記帳完了を知らせるボタンを用意したり、ポーターのロボットが通路を認識できるように廊下にタグを埋め込んだりしている。

また、「Watson」をコンタクトセンターに導入したある大手金融機関では、顧客と「Watson」が直接対話するのではなく、オペレーターが「Watson」の示す回答候補から適切と考えられるものを選択する方式を採用している。「Watson」が提示した回答が適切であるか否かもオペレーターが評価し、それが「Watson」の回答の質を高めていく。

機械がナチュラル・ユーザーインター

図1 4次元企業の4類型



フェースを備えることにより、人間と機械の距離は縮まり、その結果、人間と機械との間に新しい共生関係ともいべきものが生まれる。企業は、能力を拡張した人間と機械による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。

4次元企業の台頭

NRIでは、RIN コンピューティングの全てまたは一部を、サービスやものづくりのコアと融合させることにより事業や産業を革新する企業を4次元企業と名付けている。ITをコアとしている企業の場合は、RIN コンピューティング自体が事業価値を高めていることが4次元企業の条件となる。

(1) 4次元企業の4類型

4次元企業は、図1のように4つの類型に分類できる。

産業創出型は、新しい産業を生み出す、または既存の産業分野に新しい要素を持ち込む企業であり、時として既存のビジネスモデルを破壊する。サービス創出型は、ものづくり

を中心とする企業が、従来の殻を破って新しいサービスを生み出すものである。サービス革新型は、サービス産業の企業がITの活用により自社サービスを高度化するもので、既にビジネスでITを活用している企業が多い。技術型は、既存の高い技術をさらに高度化したり、新技術を生み出したりする企業である。自社の技術を生かすために、産業創出型やサービス創出型、サービス革新型の4次元企業との連携を必要とするのが特徴である。

(2) 自動車産業・関連産業の4次元企業

ここでは、自動車産業とその関連産業について4次元企業の具体例を見ていく。自動車産業は、部品供給から完成車販売に至る巨大な産業であり、自動車を利用した関連サービスも多い。そのため4次元企業として取り上げるべき企業が多い。

① Uber Technologies社 (産業創出型)

Uber Technologies社は2009年に米国で創業され、移動したい人と車の所有者を結び付けるライドシェアサービス「Uber」により新しい分野を開拓した。会員登録した利用者が専用のモバイルアプリに乗車したい場所

と目的地を入力すると、近くの待ち合わせ場所が示される。支払いはタクシーとは異なって利用時ではなく、登録してあるクレジットカードによって行われる。利用者がドライバーを評価する仕組みも導入されており、評価が低いと配車の機会が減るので、結果としてサービスの質が向上するようになっている。利用者にとってはタクシーよりも安価で便利であり、ドライバーにとっては空いている時間に自家用車を収入の手段にできるメリットから、「Uber」は世界で400以上の都市に進出している。このように、「Uber」はモバイルの活用と新しいビジネスモデルによりこれまではなかった価値を生み出す一方で、タクシー業界との摩擦を引き起こすなど、既存の産業の枠組みを破壊する面も持っている。東京ではタクシー会社と提携することによって参入を果たしている。

産業創出型の4次元企業が生み出す新産業の特徴は、ものづくりではなくサービスに価値を置き、そのサービスを提供するためのプラットフォームを構築してビジネスを拡大している点である。

② Daimler社 (サービス創出型)

ドイツの自動車メーカーDaimler社は、傘下のcar2go社を通じて、2009年から欧米でカーシェアリングサービス「car2go」を展開している。「car2go」は、会員登録をしてあれば予約なしに利用でき(利用可能な車はモバイルアプリで簡単に探すことができる)、指定エリア内であれば駐車場だけでなく路上でも乗り捨てることができる(欧米では路上駐車が認められていることが多い)。買い物に行ったら荷物が増えて車を使いたいなど、

急に車が必要になった時に簡単に利用できるのは、従来のカーシェアリングサービスと一線を画す点である。「car2go」はDaimler社の2人乗り小型車を使ったサービスである。そのため、自社製品の利用先の拡大という面も持っているといえるだろう。

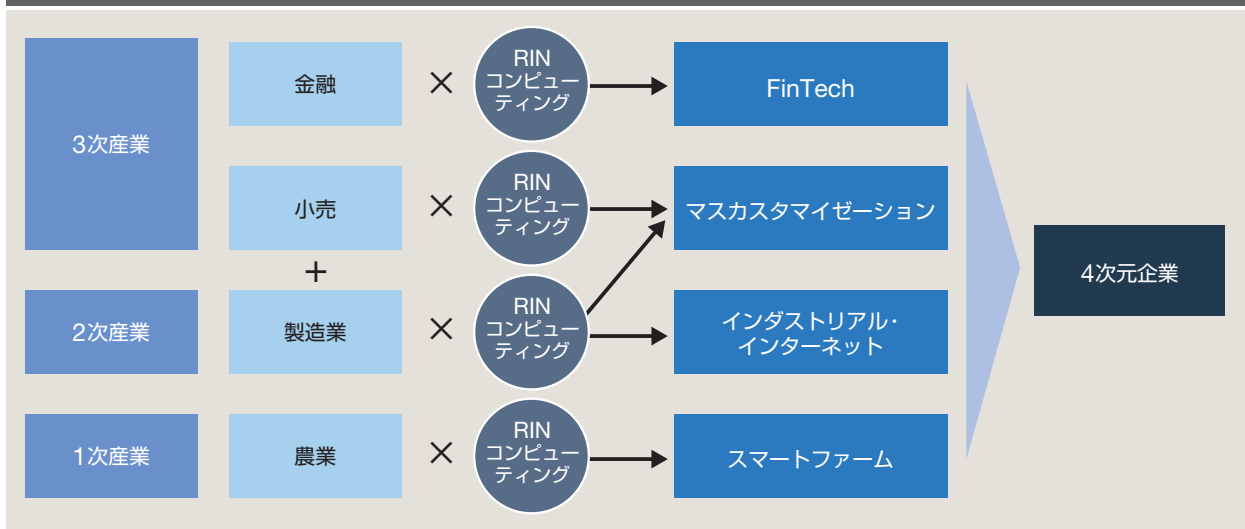
サービス創出型の4次元企業には、ITを活用したサービスによって自社製品の価値をより高めている点に特徴がある。その背景には、近年、多くの業界において製品の差別化が難しくなり、ユーザーもアフターサービスの充実や製品購入時のサポートなどの付帯サービスを重視するようになってきていることが挙げられる。

③ Tesla Motors社 (サービス革新型)

米国のシリコンバレーで2003年に設立された自動車メーカーTesla Motors社は、製造業の企業でありつつソフトウェア企業やサービス企業という側面が強い。このため、サービス企業が自社サービスの高度化を目指すケースとして、自動車産業におけるサービス革新型の4次元企業と位置づける。同社の車は、Software-Defined Carと呼ばれるように、車載コンピュータのソフトウェアの更新により性能や機能が改善され、時には新機能が追加される。ユーザーは車を買って替えることなくその恩恵を享受することができる。

サービス革新型の4次元企業は、ITの利用を高度に進めた企業といえる。製品の機能をハードウェアとして作り込むのではなく、将来の機能向上やサービスの高度化を見据えて、ソフトウェアによって機能を実現する。性能的にはハードウェアによる作り込みに及ばないとしても、ユーザーが重視するのは購

図2 4次元企業への進化の例



入時の性能のわずかな優劣ではなく、その後のサービスがいかに利便性を高めてくれるかということだからである。

④ NVIDIA 社 (技術型)

1993年設立の米国NVIDIA社は、本来はコンピュータの画像処理・演算処理プロセッサ（Graphics Processing Units：GPU）のメーカーだが、その並列計算技術は複雑な行列演算を要する大規模シミュレーションに適用可能である。このような使い方はGPGPU（General-Purpose computing on GPU）と呼ばれ、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との親和性が高い。同社はこの点に着目して、ディープラーニングを活用して物体認識を行う自動運転車用プラットフォーム（車載モジュール）「DRIVE PX」を販売している。

同社は、コア技術であるプロセッサがTesla Motors社の車に採用されたり、またドイツAudi社と自動運転技術の開発で連携したりするなど、自動車業界との関係を深めている。従来、同社はコアとなる製品の性能や

機能で同業他社と競争してきた。しかし今では、他の4次元企業と連携することで自社製品に新しい価値を加えている。通常の技術系企業から技術型の4次元企業に変わるための鍵は、他業種の企業との積極的な連携によるイノベーションである。

(3) あらゆる産業で生まれ得る4次元企業

既存の企業が、自社のコアとRINコンピューティングを組み合わせることで4次元企業へと進化していく概念を図2に示した。ITを活用した新しい金融サービスを目指すFinTechも、4次元企業の1つの方向性である。4次元企業は製造業やサービス業、金融業にとどまらない。2011年に設立された米国Blue River Technology社の「LettuceBot（レタスポット）」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し、ロボットアームによって間引きや雑草の除去を行うとともに、生育状況に応じて農薬を散布することが可能になっている。この結果、均一に農薬を散布する従来方式に比べて農薬量を抑えながらも収穫量を増やすことに成功したと

いう。ここではあらゆる産業で4次元企業が生まれ得る事例として取り上げたが、前述の類型でいえば、半導体工場など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。

4次元企業へ進化するために必要なもの

4次元企業となるためには、自社のサービスやものづくりのコアとRINコンピューティング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の開発やサービスの創造を可能にするためには、単に技術をそろえるだけではなく、企業の枠組みを超えた連携やオープンイノベーションが必要となる。既存のパートナー企業や産業内にとどまらない連携の仕組みが、4次元企業へと進化するための鍵である。

この仕組みの参考となるのが、異なる産業に属する企業の間を結び、さらにユーザーとを結ぶための共通基盤、マルチサイドプラットフォームである。たくさんの店舗を集めて消費者と結び付けるオンラインショッピングモールもマルチサイドプラットフォームといえる。オンラインに限らず、大手不動産企業が展開する大規模商業施設も、ショッピング、娯楽、スポーツ、学習などの魅力的な価値を提供するマルチサイドプラットフォームである。

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、参加する企業の数と多様性である。前述の自動走行車用プラットフォーム「DRIVE PX」を開発した

NVIDIA社も、自動車メーカーに対して積極的に「DRIVE PX」の活用を呼びかけている。4次元企業として成功するための1つのモデルは、このように自らマルチサイドプラットフォームの盟主となるか、またはそれに参加することにより多くの参加者との連携を実現することであると筆者は考えている。

General Electric社は、自社で開発した解析システム「Predix」のAPI（Application Programming Interface。プログラムの機能を他のプログラムから呼び出して利用するための手順などを定めた規約）を公開し、企業にアプリケーションの開発を促している。APIの公開は、そのAPIを活用したサービスを多く生み出すことによりAPIエコノミーと呼ばれる経済圏の構築を可能にする。これもマルチサイドプラットフォームの1つの形である。例えばUber Technologies社は、他社のアプリから配車をリクエストするためのAPIを公開している。アプリの提供元は、そのアプリ経由で「Uber」が利用されれば対価が得られ、Uber Technologies社はより多くの顧客を獲得することができる。

今後、多くの企業がビッグデータ分析や人工知能を利用したさまざまな高付加価値サービスを開発していくことであろう。そして、そこから得られる価値を最大化するためには、データやシステムを自社だけで活用するのではなく、APIなどの公開によってより多くのプレーヤーが参加するマルチサイドプラットフォームを構築し、その力でサービスの価値を高める必要がある。自社の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、真の4次元企業といえるであろう。 ■