



NTT DATA Technology Foresight 2019

技術の将来展望がビジネスの未来を拓く



技術の将来展望が ビジネスの未来を拓く

革新を続けるテクノロジーは、社会の仕組みを未来へ前進させるとともに、既存のビジネスモデルをも新たなステージへと導いていきます。

デジタル化が進み、社会変革の次なる出発点にある現在において、最適な経営判断を行うには、将来変化を捉え、進むべき道を解き明かすことが重要です。

NTTデータでは、今後3年から10年の間に大きなインパクトをもたらす先進技術や社会動向を継続的に調査し、調査結果から導出した将来予見をトレンド情報として毎年公開しています。

このトレンド情報をもとに、お客さまと将来に向けたコミュニケーションを深めていきます。





IST 01

デジタル化による主導権シフトが
社会の仕組みを変革する

p.06



IST 02

個の影響力拡大が
新たな価値の源泉を生み出す

p.08



IST 03

技術がもたらす潜在課題が
意識や行動の変化を促す

p.10



IST 04

循環視点の連携が
持続可能な社会を実現する

p.12

Information Society Trends

情報社会トレンド

情報社会における近未来の方向性



IST 01

デジタル化による主導権シフトが 社会の仕組みを変革する

デジタル化の進展により可視化可能な対象が増え、その制御の主導権は新たな主体によりリードされる。デジタルとフィジカル、国境、産業の垣根を越えた新たなパワーバランスが形成され、社会の枠組みが変革していく。

デジタルがもたらす変化

デジタル化の進展がもたらした創造的破壊がこれまでのビジネスルールや社会の在り方を一変させようとしている。近年注目された Uber や Airbnb などはその最たるもので、移動や宿泊の在り方を大きく変革した。

このようなデジタルイノベーションが生じる背景には、テクノロジーの進化によってあらゆる事象の状態がデータとして把握され、さらにそれらをコントロールすることが容易となったことがある。

例えば、人工衛星は小型化され、再利用可能なロケットにより低コストでの打ち上げが現実のものとなりつつある。それらの衛星から得られる従来とは比較にならない量のデータを用いれば、天気予報の精度さや、台風や竜巻といった自然災害の発生予測を飛躍的に改善できるかもしれない。また、個人の声や表情からその人の感情を把握したり、脳波から深層心理で何を感じ、何を望んでいるのかも分かるかもしれない。これらは夢物語で

はなく、テクノロジーの進化により現実には起きている話だ。

デジタル化は、既存の常識を覆し、従来のビジネスの枠組みを崩壊させ、新たなパワーバランスを創り上げていく。我々の社会やビジネスは、今まさに革命的な変化の只中にあるのだ。

主導権のシフト

デジタル革命が社会にもたらすインパクトの一つは、主導権のシフトであろう。これまで特定の業界やユーザだけに閉じられていた情報、暗黙的に扱われていた人々のノウハウや感覚など可視化できていなかった事象が、テクノロジーにより可視化され、流通されることで、誰もが活用することが可能となりつつある。その結果、新たなプレーヤーの参入が容易となり、主導権のシフトが様々な領域で起こり始めるだろう。このうねりは、あらゆる

産業の在り方や構造を変化させていく。

例えば、医療業界では検査情報を病院が管理し、患者は自身の医療情報を入手するために費用と時間を支払ってきた。今では普段の健康状態の計測はもちろんのこと、病院で管理されていたヘルスレコードをスマートデバイスに集約し、患者自身の手で管理できる仕組みが広まりつつある。自らが信頼する医師・病院に対して医療情報を開示し、健康増進の助言を受け取ることさえ可能だ。これは、医療情報を保護しつつも、その流通を可能とするテクノロジーの出現が後押ししている。医療情報のコントロールに関する主導権が病院から個人へとシフトし始めているのだ。

プラットフォームに転じることで、今後数十年間にわたるモビリティサービスの在り方を変えようとしている自動車製造企業もある。運転の目的は、移動、輸送、余暇など多岐にわたるが、新たなプラットフォームがめざす所はそこだけに留まらない。モビリティ内部の空間を目的に応じて柔軟に変えることで、移動可能な空間を提供することが狙いだ。その空間にはショッピング用の店舗、映画館、レストランなど、様々なニーズを搭載できる。従来自動車産業が主導してきた人が乗り移動するためのモビリティという概念を、このプラットフォームは、あらゆるサービス、産業が活用可能なモビリティスペースという概念へと変化させようとしている。その結果、モビリティの主導権は様々な産業へシフトしていくだろう。

新たなプラットフォームの出現は、そこを起点としたビジネスを企図するプレーヤーの参入を促す。そこで形成される新たなエコシステムは、従来の価値観や慣習を越える力を秘めており、新たな主導権を生み出していくだろう。デジタル化の進展によって生じる主導権のシフトは、あらゆる領域で発生し、既存の業界を変革させる力を持っているのだ。

デジタルとフィジカルの融合

デジタル化は、様々な面での主導権シフトを促している。物理空間もその一つだ。デジタルとフィジカルが融合することにより物理空間の制御権をも人にシフトさせることを可能にした。

従来は空間や時間に縛られていたことが、XR^{※1} 空間という助けを借りることで、「いつでも・どこでも・誰とでも」、物理的な制約を越えて行動することや意思の疎通を図ることが可能となった。XR 空間の中では、遠く離れた場所にいる人々と協働し、つながりを持つことができる。さらにその空間では、物理世界では再現が難しいシーンを再生することで能力開発やシミュレーションを行うことも可能となる。空間をコントロールすることで新たな体験を創り出し、体験を複製して共有することで、物理的な距離・空間を越えてモノや人にアクセスできるようになった。

XR 空間に入り込むための HMD (Head Mounted Display) は、様々な産業に取り入れられている。例えば、建築業界では設計時点で完成後の建造物を CG による 3D 表現によってあらゆる角度から見たり、屋内を歩いたりすることが可能であり、また建築現場に遠隔地からアバターとして参加することでリアルな情報の共有もできつつある。製造業においても同様

で、これらにより時には過酷となる現場を離れることができるとともに、属人化した知識や技能を継承することも容易となる。

デジタル化はあらゆるものの主導権をシフトさせる力を持つ。それは、産業のみならず、われわれ人間の身体的限界をも超越可能とするのだ。

パワーバランスの変化

デジタル技術を駆使した破壊的なイノベーションは、従来のビジネスモデルや顧客との関わり方を変え、社会のパワーバランスをも変えている。

MaaS^{※2}は、移動そのものの体験、提供者、人や都市との関わりを変える可能性を秘めている。公共交通、飛行機などを一つのアプリからワンストップで予約し、将来的に目的地へのラストワンマイルには自動運転のサービスカーも接続されることがめざされている。さらに、様々なシェアリングサービスがつながることにより、個人自らが望むサービスを移動や旅行の中に取り入れ、新たな体験を自分で組み立てることが可能になるだろう。従来のような限られた地域で、限られた事業者が、限られたサービスを提供するのではなく、新たに形成されたパワーバランスの中で都市内や地域、ひいては国内全域から海外までシームレスに移動することが、近い将来には当たり前となるかもしれない。

このようなパワーバランスの変化の中心は、プラットフォームや従来の価値観に囚われないスタートアップ企業だけではない。インフラを担う企業や自治体、伝統ある企業、そしてデジタルを使いこなす新たなプレーヤーもがその主役になり、社会に変化をもたらす原動力となるだろう。

境界なきイノベーション

デジタル化が進展した社会は、物理・空間的制約が弱まり、あらゆるモノや仕組みを制御可能としつつある。そして、その制御の主導権のシフトが進むことによって、既存の産業構造に敷かれている境界まで無くなってしまいう可能性が現れ始めている。境界を越え、異なる価値観や慣習が衝突・融合することで、パワーバランスが変化していく。境界なきイノベーションがそれを主導し、新たなビジネスや社会の仕組みを絶え間なく生み出していくだろう。

※1 VR(Virtual Reality:仮想現実)、AR(Augmented Reality:拡張現実)、MR(Mixed Reality:複合現実)などの技術の総称。

※2 MaaS(Mobility-as-a-Service)とは、自動運転やAI、オープンデータ等を掛け合わせ、従来型の交通・移動手段にシェアリングサービスも統合して次世代の交通を生み出す動きである。



IST 02

個の影響力拡大が 新たな価値の源泉を生み出す

個の影響力の高まりが、個を意識した社会システムへの転換を促している。個の持つ力、個の持つ情報に寄り添う形の社会デザインが新たな価値を生み出す起点となり、今後の企業および社会の持続的成長の礎となる。

個の影響力の拡大

テクノロジーにより「個」は大きな力を手に入れた。この約 10 年間でモバイルデバイスや高速インターネットは世界中の都市に普及した。これにより、個は SNS を通じた発信力やあらゆる情報へのアクセシビリティを手に入れ、低廉化されたデジタルサービスを用いて自らが置かれた社会に働きかけ、その在り方を変える力を持つようになった。

創造的・生産的な特技を持つイノベーターが、身近な問題から、世界的に共通している課題の解決まで、至るところで大きなイノベーションを生み出し、社会やコミュニティを日々変革しつつある。

例えば米国では、視線以外すべての随意運動が不可能になった患者のコミュニケーションツールを、一人の女子高生が開発した。これはアイトラッキング（視線検知）とブレイン・マシン・インタフェース^{※1}によって、絵文字が表示されている画面に向けた視線と脳波から、患者の意図を汲み取

り、テキストメッセージ化して介助者に送信するものだ。ボランティア体験で気づいた課題を、最新のテクノロジーと若者文化との融合によって解決したこのツールは、世界中の声なき人々を救うかもしれない。

テクノロジーを手にした自由な個による挑戦が大きくなうねりを生み出し、一人の行動が連鎖的に広がることで、社会を変える力になりつつある。

個を意識したビジネスデザイン

企業もこのような個の影響力を無視できなくなり、個を意識したビジネスへのシフトが鮮明になってきている。

ある映像配信サービス企業は、利用者の視聴傾向に合わせて新たな作品を提案する、興味を引くワンシーンを作品の中から切り出して表示するなどのパーソナライズされたサービスを提供しているが、近年では、利用者の

嗜好に合わせた作品を自らが撮り、配信するといった新たなパーソナライズの形で自身のビジネスを拡大させている。

遺伝子情報を簡単な器具で採集し、アプリで生活のログを集めることで、遺伝子レベルでレコメンドする健康サービスもある。個人の体質や体調の変化に応じて、適切なサプリメントやメニューを提示してそれらを自宅まで配達したり、さらには 3D プリンティングで最適な食事を目の前に作り出すことさえ試みられている。

個に対して、個をぶつけることでマーケティングを強化しようという動きもある。多数のフォロワーを持つバーチャルインフルエンサーを、高級ブランドが相次いで広告塔に起用している。それ自体の存在感がブランドの革新性を引き立たせる一方で、人間のモデルには避けられないコストやリスクとは無縁で、長期にわたって一貫したブランドイメージを確立することができるのだ。これは個の志向や行動を起点にして個の存在感によって強く働きかけようとする新たなビジネスモデルであり、個と社会の接点として必要不可欠になったスマートデバイスがもたらしたものである。

個が持つ情報の価値

これまでになく、一人ひとりの志向や選択が価値を持つようになる中、それをどこまで他者と共有するのかという問題も顕在化してきている。

敢えて自分の個人情報を提供することで、パーソナライズされたサービスやコミュニティネットワークを享受することもできる。個の発する膨大なデータを独占するプラットフォーマーが巨大な存在となり、我々は知らず知らずのうちにそれらに依存するという構図はこの先も続くのだろうか。

パーソナルデータ^{※2}をめぐっては、管理や規制の動きが活発になりつつある。情報銀行はその一つだ。個人の同意に基づいてパーソナルデータを預け、それを第三者に提供可能とすることをめざすこの仕組みは、社会や生活の様々な局面で個の情報を活用したサービスを生み出しつつも、パーソナルデータが利用される経路や提供範囲を、個人の権利として管理できる。パーソナルデータを安全に管理し、その価値を最大限に引き出しながらも過度の独占を防ごうとする試みである。これはパーソナルデータの主導権を一人ひとりの個人にシフトさせる枠組みとも言えるだろう。

こうした個が持つ情報をめぐる大きな潮流は、明らかに個々人のプライバシー情報に大きな価値があり、その言葉・思考・行動そのものがさらに価値を生み出す源泉となることを意味している。

優秀な個の獲得競争

個の能力や意志が価値を生む社会において、企業は単に労働力としての人間を集めるだけでは生き残れなくなっている。個を重視したビジネスを生み出すために求められるのは、社会や企業の課題をアイデアやテクノロジーで解決しようとする人材を獲得することだ。企業において従業員の個

性を尊重し活用しようとする動きは一般化している。

スポーツ用品の買い手が流行に敏感な女性や健康維持を願う高齢者と多様化していることを背景に、自社に多様な人材を集めることで、競争力の高い製品を創り出しているスポーツ用品メーカーもある。この企業は、女性や高齢者、障がい者でも働きやすい環境整備を行い、顧客と従業員双方の個を尊重することを自社の価値としている。

このような人材の獲得に関する変化は国境を越えて広がり始めている。米国のコンサルティング会社が 2018 年に発表したレポート^{※3}では、2030 年までに世界中で 8,500 万人以上の高度人材不足が起り、それが引き起こす損失は 8.5 兆ドルにも及ぶと言及している。このような中、カナダや中国では、専門知識や高度な技能を持つ移民を優先的に受け入れ、家族も含めた生活面のサポートなどで優遇を行っている。途上国から先進国への移民の流れが、単純労働者から高度人材へシフトしている状況は欧米を中心に 2000 年頃から続いているが、その波は日本にも及ぼうとしている。

個に寄り添うビジネスは、優秀な個を起用することでより創造的なものになる。企業や国家の求める戦略も、その潮流と軌を一にしようとしている。

個を基点とする世界

大量生産・大量消費の時代はとうに終わり、社会の在り方が個重視の方向へと再編されつつある。企業に求められるのは個に寄り添ったモノやサービスであり、それらを拡散させるのも、モノやサービス自体だけではなく、それを発信する個の魅力にかかっている。

個に寄り添ったビジネスの起点となるのは個が発する情報だ。個が持つデータや情報は「新しい石油」と呼ばれる一方、漏洩や不適切な取り扱い、個人・企業の双方にとって大きなリスクにもなる。今後企業や社会には、個の持つ能力、個の情報を適切に捉え、それらに寄り添う形で自身のサービスをデザインしていくことが求められるだろう。それは個が持つアイデアこそがイノベーションの源泉となり、持続的発展の鍵になるからに違いない。

※1 脳波等の検出・あるいは脳への刺激などといった手法により、脳とコンピュータとのインタフェースをとる機器の総称。

※2 「パーソナルデータ」は、個人情報に加え、個人情報との境界が曖昧なものを含む、個人と関係性が見出される広範囲の情報（個人の属性情報、移動・行動・購買履歴、ウェアラブル機器から収集された個人情報を含む）を指す。

※3 The \$8.5 Trillion Talent Shortage, 2018.5, Korn Ferry,



技術がもたらす潜在課題が意識や行動の変化を促す

恩恵をもたらすテクノロジーは分断や格差といった新たな社会課題を顕在化させる。進化するテクノロジーとの共存に向けた倫理醸成か、ルール導入か、デジタル社会の未来を描くためには意識や行動の変化が求められる。

テクノロジーが生み出す分断

テクノロジーの進化によって人類は様々な力を手に入れた。テクノロジーが新たなサービスやイノベーションを生み出し、それらがさらに新たなテクノロジーを生み出すという循環が生まれている。

テクノロジーの進化は、イノベーションを生み出すためのコストを下げ、誰もがアイデアを具現化し、その価値を世に問うことが容易な世界を作り出した。また、地理的・時間的な制約がテクノロジーによって取り払われつつある現在において、イノベーター達が、自身のスキルや意欲を最大限に発揮できる場所を求めて、自らが望む場所へ移ることも容易になっている。そして、規制の少ない国や地域にイノベーターが集まり、そこを起点として世界にイノベーションが伝搬されていく。

このような状況が進むと、新たな壁も生まれかねない。最悪のシナリオは、テクノロジー時代の「持つ者」と「持たざる者」に分断されることだ。あ

る共通する価値観やテクノロジーを持つコミュニティがその恩恵を享受する一方で、時間を経るごとに「持つ者」の一員となるためのコストは増え、同質性の高いメンバー同士が結束していくことになりかねない。そして、富裕層と貧困層、イノベーションの推進派と反対派など、両者の溝は深まっていく可能性がある。

デジタル格差への警鐘

テクノロジーは社会生活をよりよいものへと向上させるが、実際に社会生活が営まれている物理空間においては、新たなヒエラルキーを生じさせ、社会の分断をも生み出しかねない。テクノロジーの恩恵を受ける人々がいる一方で、その恩恵を享受することができず、発展に乗り遅れる辺境地域や社会的階級もある。

例えば、HealthTech^{※1}がもたらす先進的な医療は、多くの人の健康に役立つものであるが、享受するために高度な知識や技術が求められたり、利用コストが増大するようになると、富裕層以外の人々が、基本的な医療すら受けられなくなる事態を招く恐れもある。

スウェーデンは、現金の流通量が対 GDP (国内総生産) 比の約 1.4% 以下^{※2}であり、キャッシュレス化が急速に進行していると言われている。一方で、デジタルデバイスの扱いに不慣れな人やサイバー攻撃のリスクを憂慮する人々がキャッシュレス化への反対を訴える団体を立ち上げ、現金の流通がなくならないように働きかける社会運動も起きている。

デジタルバイド^{※3}はデジタルテクノロジーに不慣れな高齢者や社会的属性に関するものとされてきた。言語のリテラシーが無いと日常生活が阻害されるように、テクノロジーがあまりに普遍的なものになると、デジタルリテラシーの差が人々の日常的・社会的なあらゆる不利益や危険に直結することになり、その分断はさらに埋めがなくなっていく。

デジタル化という急激な変化についてこれられない人々がいるのもまた事実である。社会の在り方そのものがテクノロジーを前提とした社会に変わりつつある中、デジタルリテラシーを持ち合わせることで、またリテラシーを高めるための活動は極めて重要な優先課題となるだろう。

新たに生じる問題

テクノロジーは、我々の行動や思考に大きな変化を及ぼすような新たな社会的問題を生じさせている。

IoTによりあらゆるモノやヒトまでもがつながる時代になってきている。デジタル化が進むほど、多種多様なセンサで個人や企業の行動、考えなどがセンシングされ、オンラインネットワークを介して世界中に広がっていく。それは利便性やサービスの品質を向上させると同時にサイバー攻撃の脅威にさらされやすい環境を生み出しているとも言える。IoTセキュリティの問題は、個人から企業、国家まで幅広いステークホルダーが持つ知と力を結集させつつ解決しなければならないだろう。

また、AIの発展により様々なコンテンツが自動的に生成できるようになったが、同時に偽のデータを作り出すことも可能となった。近年、深刻になりつつあるのが Deepfake だ。AIによって作られた、選挙の候補者が敵対候補を罵っている偽動画は、まるでその人物が本当に話しているかのように自然に見える。もはや、ちょっとした知識や技術があれば誰でもフェイクデータを作り出すことができるようになっている。より高度かつ精巧になるフェイクデータは、人々が気付かないうちに個人や集団のバイアスを深め、社会的分断を進めることにもなりかねない。フェイクデータの真偽を判断することはますます難しくなるが、フェイクを見破るためにも AI が用いられていくのである。

倫理観の必要性

テクノロジー自体は善でも悪でもないが、作る側や使う側の人間にはそれらが存在する。

近年注目を浴びる生物学においても、新たな技術は希望と同時に悪夢も引き起こしかねない。ゲノムを改変して新たな細胞や生物を作る合成生物学や、病気の原因になる遺伝子を操作する遺伝子編集技術は様々な難病を解決し、環境の変化に耐えうる作物を創り出すなどの恩恵をもたらさだろう。一方で、未知の脅威や軍事利用の可能性もあるばかりか、新たな種類の人間や生物を造り出すことは許されるのかという倫理的な問いを突きつける。中国で遺伝子の一部が編集された双子の女兒が誕生したというニュースは世界中の注目を浴び、倫理や法規制論争を過熱させている。

このようなテクノロジーの進化により生じた課題に対し、我々は一歩立ち止まり、倫理を議論するテーブルに着く必要があるのではないだろうか。

迫られる選択

デジタル化が進展する社会では、過去になかったほどのメリットを我々は享受できるだろう。だが、一歩誤れば世界を分断するような、かつてなかった問題を顕在化させる。我々はこれらをどう乗り越えていくかの岐路に立たされているのかもしれない。

イノベーションを牽引してきた米国では、テクノロジーがもたらす倫理的影響についてのガイドブックを作るという試みがなされている。EU はイノベーションにさらされる個人の保護に注力する方針に舵を切り始めた。信頼できる AI の倫理指針案が検討され、人種や性別による差別を防ぐことや、AI による判断を人間が監視することなど AI 開発のための 10 の必要条件を定めている。法的観点では、GDPR (EU 一般データ保護規則) のような規制が始まっている。保護されるべきプライバシー情報の範囲が拡大され、個人情報を取り扱う企業の規模に関わらず規制が適用される。

進化するテクノロジーと共存していくためには、技術を作る側と利用する側の倫理観の醸成か、社会によるルールや法規制の導入か、AND/OR の選択が必要になる。倫理と規制の平衡点はまだ定まっていないし、確定されることはないかもしれない。しかし、ルールがあるからこそ生まれるイノベーションも存在する。このバランスへの答えを試行錯誤することが、新たに我々に課せられた社会課題となるだろう。

※1 「ヘルス (Health)」と「テクノロジー (Technology)」を組み合わせた造語で、最新のデジタル技術を活用した新しい医療サービスやイノベーションを指す。

※2 キャッシュレス決済の現状、日本銀行決済機構局、2018年9月

※3 パソコンやインターネット等の情報技術を利用する能力、及びアクセスする機会を持つ者と持たざる者との間に、情報格差が生じるとされる問題。



IST 04

循環視点の連携が 持続可能な社会を実現する

地球規模課題の解決に向けた活動が、オープンな連携をもたらしている。循環視点の連鎖的な事業戦略、社会環境の再構築が、活動範囲の拡大とリソースの偏在を解消し、新たな事業機会と共に持続可能な社会を創り出す。

持続的成長に向けた限界認識

テクノロジーを起点とする社会やビジネスの変革が、地球上の至るところで現実のものとなっている。テクノロジーは時間や空間を越えてその力を発揮し、人類に豊かさを与え、企業の成長に欠かせない存在となっている。一方で、倫理的な課題や新たな脅威が日々生じており、地球環境にも大きな負荷を与えている。ただ豊かな生活や便利なサービスを求めるだけでは、世界のいずれかのコミュニティに不利益を押し付けたり、環境を汚染することにつながりかねない。これまでの成功体験やルールに従うだけでは、我々に負の影響を及ぼすことも認識され始めている。

人類の永続的な発展と企業の持続的な価値創造のためには、その活動の土台となる持続可能な社会と地球環境が不可欠である。我々には、環境の限界を認識し、限界を超えないための知恵を人間の活動に組み込むことが求められている。

地球規模課題への挑戦

人口変動、格差の拡大、気候変動、食糧危機、価値観の衝突、権力拡散、インターネットガバナンスなど、地球上には様々な課題が山積している。このような世界的な課題を背景に、国連は2015年にSDGs（持続可能な開発目標）^{※1}を制定した。健康的で安全な生活や環境を提供し、社会的不利益をなくし、個々の生活の質を高めることなどを目的とするこれらの目標は、地球規模の課題に対する挑戦に新たな方向性を示した。

人類がこれまで乗り越えることができなかった課題に対して、このSDGsにより、地球という一つの共同体として、国、地域、企業、個人までもが相互協力を図りながら解決に向けて行動するという大きな潮流が生み出された。この流れは、政治や経済活動、そして企業の戦略構築にも影響を与え始めている。

企業に対してはESG経営も求められている。環境（Environment）・

社会（Society）・企業統治（Governance）の3つの観点から、地球規模の社会課題や環境課題に即して企業活動そのものを位置付け、将来を見据えた戦略を再構築することが、変化への強靱な適応力の獲得、そして持続的な企業活動につながるからだ。将来の事業機会の見極め、持続可能な事業モデルへの転換、ステークホルダーとの関係強化、社会・市場の安定化など、持続性という視点に基づいて地球規模課題を捉える予見力と、それを行動に移す実行力が、これからの企業価値の源泉となるのだ。

循環視点の戦略再構築

では、これらSDGsやESGに対応していくためには、我々は何をすべきなのだろうか。その答えは至って単純だ。自社の事業の本質を循環視点で見つめ直すことである。加えて考えるべきは、テクノロジーが持つ可能性を適切に把握し、それを活かすことなのではないだろうか。

2015年にEUが公表し、2018年に具体的な戦略が実行に移された「サーキュラー・エコノミー・パッケージ^{※2}」は、資源の枯渇と価格変動からビジネスを保護し、企業の国際的競争力を高め、持続可能な開発を生み出すことを目的としている。そのために、地球環境と経済を循環型に移行させ、企業活動をその循環の輪の中に組み込むことの重要性を説いている。

このような循環型の視点を企業戦略に取り込み、事業を推進する取組みは世界中で進んでいる。衛生用品の開発・販売を行う企業は、衛生用品を売るだけでは、自社がめざす世界の衛生・環境・健康の向上は完全には達成されないという考えから、衛生用品を実際に利用する場面を増やす活動を実施している。アフリカや東南アジアに手指消毒剤とともに簡易手洗い装置を供給し、衛生に関する教育機会も提供することで、現地の衛生向上のみならず、雇用機会の創出、女性の社会進出といったSDGsにつながる貢献を循環型視点で実行しているのだ。

ある食品製造会社は衛星センシングと海洋プラスチック除去といったテクノロジー開発への投資を継続している。地球温暖化による海洋生態系の変化を把握し、周辺環境の汚染要因を取り除くことで、事業活動の根幹をなす海洋資源の持続性を確保することが、自社の持続性につながるためだ。

企業活動を循環視点で捉えた場合、バリューチェーンの至るところに存在する課題に対しては、自社の能力だけでは対応できない場合もある。その時にこそオープンな連携が必要となる。競合他社、異業種、ベンチャー、政府、あるいは個人かもしれない。テクノロジーの進化によりあらゆるリソースがつながり活用できる現在だからこそ、それが実現できるのである。

テクノロジーが果たす役割

社会システムも同様に、オープンな連携により持続可能性がもたらされる。資源、老朽化したインフラ、余剰な都市機能など、循環的な視点で見れば、まだまだ活用可能なものが存在している。例えば、近年では再生可能

エネルギーで稼働するデータセンターが増えているが、さらにデータセンターの廃熱を地域の暖房として再利用するという試みも行われている。

英国の大学では、液体貯蔵可能なエネルギーシステムの開発を行っている。ナノ分子を含む液体に電力もしくは水素を蓄え、それをオンデマンドで放出する機能を実現しようというものだ。このテクノロジーが実現できれば、従来のガソリン給油のように電気自動車へエネルギーを供給することが可能となるかもしれない。また既存のガソリンスタンドのインフラを再利用することで充電ステーション不足という問題の解決にも寄与し、電気自動車の普及をさらに後押しできる可能性もある。

限りあるリソースをテクノロジーによって把握し、共有し、新たな形で活用するシェアリングエコノミーは循環のためのプラットフォームとして捉えられる。日本のスタートアップ企業は、活発化する宇宙ビジネスに欠かせない衛星との通信を行うためのアンテナシェアリングを実現しようとしている。衛星運用に最も重要なロケット打ち上げから目的軌道に投入するまでの初期フェーズにおいては、不測の事態が発生しやすい。衛星軌道を修正するために予定よりも長時間通信の維持が必要となる、予定していたアンテナとの通信が確立されず別アンテナでの通信が必要になるなど、様々な事態が発生する。その際に世界に散らばるアンテナのリソースを柔軟に変更・配分することで、貴重な通信機会を共有しようとするものだ。

今後、人類の活動範囲が拡大していく中で、限られたリソースの偏在をテクノロジーによって解消していく取組みは、社会発展のために欠かせない要素になっていくだろう。

持続可能な社会の実現

人類がこの200年ほどで経験した工業社会と情報社会という二つの社会の在り方は、驚くほどの富や利便性をもたらし、人間と環境の接し方を根底から覆した。そして、テクノロジーを起点とする情報社会は、自身の課題を克服する可能性も持っている。そこにはまた、人類が将来に渡り発展を続けていくためのヒントも秘められている。我々が置かれている社会環境、ビジネス環境、そして生活環境を循環型の視点で捉え直していくことが、今、世界には求められているのだ。

個人の思考や行動、企業の事業活動がテクノロジーによって力を得て、資源や環境、社会システムやパートナーシップが循環的につながれば、持続可能な社会が到来するかもしれない。それは我々人類が未来や子孫に残すことのできる、かけがえのない財産となるだろう。

※1 Sustainable Development Goals

※2 欧州経済を循環型経済システムへと移行することを目的とした行動計画



TT
01

社会に融合するインテリジェンス

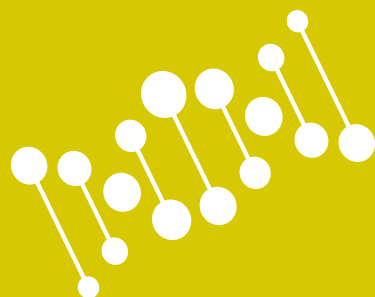
p.16

1001
0010
1101

TT
02

能動的データ精錬と生成

p.18



TT
03

生命課題への挑戦

p.20



TT
04

ナチュラルインタラクション

p.22



TT
05

空間指向コンピューティング

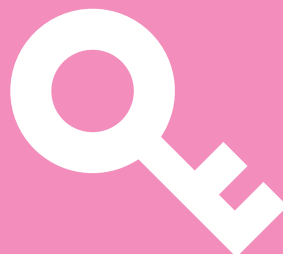
p.24



TT
06

コアインフラストラクチャの躍進

p.26



TT
07

パーソナルデータの追考

p.28



TT
08

デザイン主導サービスの興隆

p.30

01-08

Technology Trends

技術トレンド

情報社会の発展を牽引する革新的技術の潮流



TT01

社会に融合するインテリジェンス

AIの浸透が進む中、実用上の課題も浮き彫りになっている。精度だけでなく、構築・拡張の容易性を向上させる技術の発展がAI活用の幅を広げる。さらに透明性の確保は人々に受け入れられるAIを実現し、社会への融合を加速させる。

AIの開発・メンテナンスの容易性向上

ここ数年、AIに関するニュースを見ない日はないというくらい、AIは盛り上がりを見せていたが、最近では落ち着きつつある。それは決してAIへの期待感がなくなってきたわけではなく、AI活用が一般的になり目新しさがなくなってきたことや、AIは何でもできるという幻想が払拭され、AIの現実的な利用へと人々の意識がシフトしつつあることによるものだろう。このAI活用を一般化させた一つの要因はAI開発を容易にする技術の発展だ。

現在のAIブームのきっかけとなったディープラーニングは、2012年に画像認識コンテストにおいて従来手法を圧倒する精度を達成して以来、研究や開発が進み、様々な開発フレームワークが登場した。その結果、ディープラーニングを活用した高度なサービスを容易に開発できるようになってきた。しかし、簡単に80%の精度を実現できたとしても、そこからさらに精度を向上させるにはニューラルネットワーク構造やパラメータチューニン

グに関する専門知識が必要であった。そのような中、2018年、Googleは高品質な機械学習モデルを自動生成可能なCloud AutoMLと呼ばれるサービスの提供を開始した。これはAI開発にとって大きな意味を持つものだ。学習データさえ用意すれば、専門家が構築するAIと同等以上の高精度なAIの構築が誰でも可能となる。これまでは専門家が不在という問題で適用が進まなかった領域にもAIは浸透していくだろう。

AIは開発し導入して終わりではなく、環境変化への対応や導入後に判明する課題への対応等、性能を維持するためのメンテナンスが必要となる。AIが社会、ビジネスの至る所で活用されるにつれ、それらのAIをメンテナンスするコストを抑えることがより重要となっていく。そこで注目されているのが、アクティブラーニングと呼ばれる技術だ。AIの判断結果に対する確信度に基づき、AIが苦手とするケースを自動的に特定し重点的に学習することで、精度を効率的に向上させることができる。確信度付きで出力可能になると、AIの改善ポイントがわかるだけでなく、確信度の低いものだけ

を人間が作業する等、人間とAIの効率的な作業分担も可能になる。これらの技術の発展は、これまで専門家が担っていた作業を効率化し、世界的なAI人材不足の解消に寄与するだろう。

汎用性獲得に向けた挑戦

画像認識や音声認識において、人間を凌駕する精度を達成しているAIだが、それは研究の世界における決まったタスクでの結果だと思ったほうがよいだろう。現実世界において、AIが認識しているものと、人間が認識しているものは似て非なるものだ。例えば、缶ビールがあったとき、人間はビールという飲み物が缶に入っているもの、冷やすと美味しいといったことまで含めて缶ビールと認識しているが、AIは缶ビールという名前の物体としか認識していない。この違いは実世界での対応能力に大きな差をもたらす。暑い日に何か飲みたいとき、机の上に缶ビールがあったとしても、人間はまずは冷蔵庫を開けビールを探すだろう。しかし、AIは飲み物であることを認識していないし、仮に認識できたとしても目の前の冷えていないビールを差し出すだろう。もちろんAIにビールは飲み物であり冷やして飲むものの等の知識を与えれば、この例に限っては対応できるかもしれない。しかし、現実世界のすべての知識を明示的に与えることは非現実的である。

一方、人間は社会の中で環境や人との五感を伴うインタラクションを通じて、物事を学んでいく。これには知能だけでなく身体が必要という考えに基づき、身体を持ったAI（ロボット）が環境内を動き回り、実際に見たり聞いたり触ったりすることで、物事を学んでいく身体性AIと呼ばれるアプローチが注目されている。缶ビールといった記号と実世界の意味を結びつけられないといった長年のAIの課題であるシンボルグラウンディング問題の解決につながるかもしれない。実現すれば、AIは物事への深い理解をもとに状況に応じて柔軟に対応できるようになっていくだろう。

人間と現在のAIは、学習方法にも大きな汎用的能力の違いがある。AIは新しいタスクを学習する際、大量のデータに基づき一から学習する必要があるが、人間はわずかなインプットで習得可能である。これは着目すべき観点等の学習に関するノウハウが人間には蓄積されているからだ。そこで、学習方法を学習するメタ学習と呼ばれる方法が期待されている。物体を複数の容器の一つに入れるといった簡単なタスクにおいては、メタ学習で習得した知識を用いて人間のお手本映像を一度見せるだけで、容器の配置が異なってもロボットがその動作を再現することが可能になっている。この技術が発展すれば、個々に応じた様々な動作が要求されるケースにも柔軟に対応可能となり、製造ロボットや家庭用ロボット等の活用幅は急速に広がっていくだろう。また、タスクごとにAIを開発するというこれまでのAI開発の常識すら変えていくかもしれない。

求められる透明性

AIは既に融資審査や採用選考、再犯罪予測等に導入されているが、判

断口ジックが不透明、いわゆるブラックボックスであるがために、問題を引き起こすことがある。採用選考において女性よりも男性が優遇される口ジックになっていたことが判明し、そのシステムを廃止した例もあり、社会からの信頼失墜を招く事態にもなりかねない。AIは学習データによってはこのような差別的な判断をすることがあるが、判断口ジックを確認できていれば防げただろう。また、自動運転、医療診断等、命が関わるような領域でAIを活用するには、問題が起きた際の説明責任が特に求められる。

このような背景のもと、AIの判断根拠を説明可能にするための技術開発が活発化している。その一つとして、Visual Question Answeringと呼ばれる、与えられた画像に関する質問に答える技術が挙げられる。的確に回答するには、画像中の内容を正確に理解する必要があり、その過程は根拠を示すことに直結する。例えば、子供がサッカーをしているシーンが描画された画像に対して、子供は何をして遊んでいるかという質問に答えるには、画像中の子供やサッカーボール等の各箇所を認識する必要があり、この認識結果を示すことが根拠につながる。画像に関しては根拠部分を可視化し言葉で説明可能になってきている。また、画像以外の根拠説明として、入院患者の死亡リスクや入院期間を予測する際に、その予測を裏付ける患者データや医師の診断メモを提示する試みも行われている。複数の要因が複雑に絡み合うため、医師が最終判断する際に客観的な根拠を示すことは重要だ。根拠が明確になることで、AIの予測結果をもとに、人間は意思決定を迅速かつ自信を持って行うことができるようになるだろう。

人々に受け入れられるAIの実現に向けて

AI技術の急速な進化は、人々に利便性、効率性をもたらす一方で、新たな課題も生み出している。それはAIの兵器利用の是非、AI監視によるプライバシー問題、AIによる差別等の倫理的な課題だ。事実、AIが様々な領域で活用されるにつれ、AI倫理への対策の必要性が高まり、米国・英国・日本等の政府や大手IT企業で指針や原則の策定が行われている。今後、企業にはこれらの指針・原則に留意し社会への責任を果たしつつも、イノベーションや新サービスを創出していくことの両方が求められる。

さらに、人間とAIが共存する世界では、技術だけでは解決できない問題に対する倫理的な設計も必要となる。近い将来、完全自動運転車が登場し、ブレーキの故障によって歩行者が乗客のどちらかの命が危険にさらされる場合、判断根拠が説明されれば納得できるだろうか。Moral Machineと呼ばれるプロジェクトでは、自動運転車をテーマにAIによる道徳的意思決定についての意見の収集、可視化を行っている。歩行者か乗客か、助かる人数か、年齢か等、優先すべき事項に対する考え方は国や文化によって異なり、自動運転車は輸出される国ごとに異なる判断を行うことが必要になるかもしれない。今後は技術の追求に加え、国や企業、利用者が協力してAIを受容可能な社会環境や理念を築き上げていくことが、すべての人、ビジネスがAIのメリットを享受できる社会につながるのではないだろうか。



能動的データ精錬と生成

データがビジネスの成否を決する時代が到来し、玉石混淆なデータから価値あるデータを精錬する技術の進化が続く。生成技術の発展も合成データに新たな活用の可能性をもたらそうとしている。データの能動的探求こそが競争力の源泉となる。

より一層高まるデータの価値

現在、デジタルデータを巡る争いが起きていることをご存知だろうか。革新的な技術やサービスを続々と市場に投入し、躍進を続ける一部の巨大デジタルプラットフォーマーによるデータの寡占化が進む中、国境を越えたデータの持ち出しに制限をかける等、国や企業によるデータ争奪戦が繰り広げられている。それは「データは新しい石油」とも言われるように、データがビジネスに欠かせない存在、経済活動の源となっているからだ。我々が日常生活で当たり前のように利用しているメール、SNS、音声アシスタント、ECサイト等の利用によって、日々新しいデータが生み出され、そのデータは消費者の嗜好分析やAIの性能向上等に利用されている。さらには、データをもとに新サービスが創出されると、そのサービスが生み出すデータを使ってまた新サービスを創出するという好循環も生まれている。

しかし、大量のデータだけを確保しても、それを活かす技術やアイデアが

なければ新たな価値は創出できない。サイロ化された状態からのデータディスクバリーやアクセス制御等、データ活用を阻む課題は多数存在するが、近年のAI技術の発展によりデータ活用は新たな局面を迎えようとしている。その変化への対応力こそが今後の企業競争力となっていくだろう。

顕在化するバイアス問題

データの偏りは、データ分析において信憑性を失わせるが、AIの学習においても新たな問題を生じさせている。一部の顔認識AIでは、性別や人種によって認識精度に大きな差があることが判明した。このAIがセキュリティチェックで活用された場合、特定グループの人だけが認証されずに追加の確認を求められるといった不当な差別を助長しかねない。AIは認識対象と類似した学習データが多いほど精度は高くなるが、少なければ低く

なる。利用目的によっては全体の精度を落としてでも、学習データを均一に揃え、判断対象による精度のばらつきを抑制する必要があるのかもしれない。

他にもデータを起因としたバイアスが問題となる場合がある。例えば、再犯の可能性を予測するAIにおいて、人種によって予測結果に偏りがあることが物議を醸し出している。このケースは、学習データを準備する際に偏りが生じたわけではなく、過去の事実をそのまま学習した結果である。ここでの問題は過去のデータとの相関関係しかないにも関わらず、因果関係があるかのようにAIが学習し判断してしまっていることだ。過去にある人種の再犯率が高い傾向にあったからといって、その人種だから再犯率が高いということにはならない。

今、各企業に求められるのは、単なる精度や効率性だけではなく、人々や社会が公平感を持って安心してAIを活用できるようにすることだ。この実現には、学習データや処理ロジックのバイアスの有無を確認できる術が必要だろう。2018年に複数の企業からAIバイアスを検知するツールが発表された。今後、AIの開発時にはサービス開始前に企業自ら積極的にAIバイアスを確認し、問題となるバイアスが存在すればそれを正していくことが、社会からの信頼の獲得と、企業の持続的成長につながるだろう。

より重要性を増すデータの真偽確認

Deepfakeと呼ばれる、AIによって映像中の人物の顔を入れ替える合成技術が登場し、そのソフトウェアが公開されたことで、フェイク動画を誰でも簡単に作れるようになった。この結果、勝手に有名人や選挙候補者の顔を入れ替えたフェイク映像が世の中に出回り、肖像権や人権の侵害、世論操作が社会問題化している。音声合成技術も発展しており、1分程の音声データさえあれば、その人の声で好きな言葉を発話させることが可能になってきている。映像と音声のフェイクを組み合わせることで、今後より一層本物との見分けが困難になる。また、AIはいかににも本当らしい文章も作成できるようになってきている。冒頭の文を人間が作成すると、どんな話題であってもAIはその続きの話を創作してしまうのだ。

これらに対抗すべく、偽コンテンツを検知する技術の開発が活発化している。SNS上に投稿された画像が合成画像かどうかをリアルタイムに検知するサービスも登場した。DARPAではMedia Forensicsプログラムを立ち上げ、虚偽の動画、画像、音声を検知するツールの開発に取り組んでおり、まばたきの瞬間の不自然な目の動きや頭部の不自然な動き等、人間が持つ生理学的特徴をAIが再現できていない点に着目した検出技術の開発が行われている。しかし、データ生成の欠点が判明すると、それを補完する技術がまた発展してしまう。事実、まばたきや頭の動きまでを精巧に模倣し映像中の顔を入れ替える技術が登場している。

このようにリアルさをより一層向上させる合成技術と、虚偽を検知する技術の戦いは今後も続くだろう。SNSにおいてシェアされている約6割の記事が元記事のリンクを開かずにシェアされているという調査結果^{※1}もあ

り、タイトルの面白さだけで拡散されていると言える。真偽が入り混じったデータから虚偽のデータを除外し、価値あるデータへと精錬させるためには、技術の発展と利用者のリテラシー向上の両方が必要不可欠だろう。

合成データの新たな可能性

AIによるデータ生成技術は偽コンテンツを増加させる一方で、データ活用に新たな可能性をもたらそうとしている。それはAIにおける学習データへの活用だ。合成されたデータは精度を低下させるノイズデータであり学習データには使えないという従来の認識が変わりつつある。

その一つの要因は、敵対的生成ネットワーク（GAN：Generative Adversarial Networks）と呼ばれる技術の発展により、本物と見分けがつかない程、極めて精巧なリアルな画像や動画が生成可能になったことだ。リアルさが向上しただけでなく、生成の制御方法も進化を遂げている。生成する対象を指定できるだけでなく、具体的な特徴やスタイルまでを指定した生成が可能な技術が登場している。例えば、人の顔を生成する際に、顔の向き、髪型、目・鼻の特徴、肌の色等を指定できるようになったのだ。AIの精度が低い特定の条件に合わせた学習データを生成し学習させることで、AIの精度向上が期待できる。また、学習データの偏りを補うデータを生成することで、先に述べたAIバイアス問題にも対処可能になるだろう。合成データの活用を促進させるもう一つの要因は、ドメイン適応と呼ばれる技術の発展だ。これはあるドメインのデータを学習して得られた知識を別のドメインの学習に適応させる手法である。大量の学習データを用意可能なCG仮想空間上で学習した結果をもとに、十分な学習データを得ることができない現実世界の問題を解けるようになる可能性を秘めている。既に、ロボットアームや自動運転車の一部の制御をCG仮想空間でのシミュレーションによる学習のみで実現できるようになってきている。

このようにリアルな合成データを生成する技術の発展と、合成データをもとに現実世界に適応可能な学習方法の発展の相乗効果によって、合成データに基づくシミュレーション学習は今後、活躍の場を広げるだろう。シミュレーション学習は、高速かつ並列での実行による短時間での学習を可能にするだけでなく、稀なケースの学習も可能にする。例えば、自動運転車において、吹雪や濃霧等の人間には制御できない自然現象下のシーンや、歩行者やバイクが突然飛び出してくるといった再現するには危険を伴うシーンの学習も可能だ。今後、AIの精度を高められるデータをいかに加工・生成するかが重要となり、AIビジネスにおける競争力の源泉に変化をもたらすかもしれない。何が真かわからなくなりつつある現在、データという新しい石油を求めて発掘するだけでなく、偽コンテンツという不純物をいかに取り除くか、合成データという自家製燃料をいかに自ら生み出すかといった能動的なデータの探求が我々には求められている。

※1 Social Clicks: What and Who Gets Read on Twitter?



TT03

生命課題への挑戦

ITは健康増進の枠を超え、医療行為そのものの役割を担い始めた。常時診断を可能にする個人用デバイスの普及が、医療への人・企業の関わり方に変革をもたらす。さらに遺伝子、脳領域へのIT介入が、生命課題への挑戦を本格化させる。

医療の役割を担い始めたIT

2018年9月、Apple Watch Series4が発売された。今回のアップデートは、処理速度の向上等の性能改善だけでなく、医療において大きな意味を持つ。それは心拍センサの進化により心電図測定と不整脈検知の機能が米国食品医薬品局（FDA）の認可を得ており、ユーザ自身で医療機器レベルのモニタリングが可能になるからだ。心電図の測定は、これまで心臓の動きに変調をきたしたときに病院に行き計測するか、後日、ホルター心電計を装着し計測する必要があり、そのときには症状が再現しないこともある。それが心拍の異常を検知したそのときに自身で計測可能になるのだ。

他にも皮膚電位を計測することによって、てんかん発作を検知可能なスマートウォッチがFDAから医療機器として認可を受けている。このように特定の症状については、個人用デバイスで常時モニタリングによる検知が可能になってきている。また、日常生活でのデバイスの利用が増加すること

で、身体の異常発生時だけでなく、正常時を含めた活動記録や生体情報を継続的に蓄積できるようになる。このデータをもとに個人の特性に合わせた異常の把握が可能になり、検知精度の向上が期待できる。近い将来、異常をきたす要因が特定され、デバイスでの予兆検知も可能になるだろう。

次世代医療を見据えた変革

個人用デバイスだけでなく、病院内で使用する診断装置においても大きな変化が起き始めている。これまでAIは医師の診断支援には活用されていたが、2018年4月ついに医師不要でAIによって診断する装置の販売認可をFDAが初めて与えた。このAIは糖尿病網膜症の診断を行うもので、網膜症と判定された際には専門医の診断を、判定されなかった場合は1年以内の再検査を勧められる。このように最終的な診断の確定には医師が

必要となるものの、このFDAの判断は医療におけるAIの役割を大きく変える出来事だと言える。今後AIのみでの診断を可能とする装置は増加し、医師の役割、医療の在り方に変革をもたらすだろう。

2017年、FDAはPre-Certパイロットプログラム（Digital Health Software Precertification Pilot Program）を立ち上げた。これは医療用ソフトウェアが増加する中、機能が更新される度に審査することは非効率なため、デジタル時代に合わせた審査の仕組みを整備するためのものだ。具体的には、個々の医療用ソフトウェアを審査・承認するのではなく、それを開発する企業を先に認定しておくことで、FDAに提出すべき情報を簡素化し、審査を効率化する。この流れは臨床領域へのIT企業の参入を拡大させ、医療へのITの影響力をより一層拡大させていくだろう。

期待が高まるデジタル治療薬

世界の認知症患者数は2018年時点で5000万人と推定され、2050年には1億5200万人に達すると予測されている^{※1}。しかし、2018年、大手製薬会社が認知症治療薬の開発から相次いで撤退を発表した。この要因の一つに、認知症は長い年月をかけて進行していくため、数十年単位の治験期間が必要となることが挙げられる。また、薬の効果を評価するための客観的な定量指標が存在せず、医師による問診を中心とするコミュニケーションによる評価が必要なことも、開発が進まない要因となっている。

このような中、新たなアプローチとして注目されているのがデジタル治療薬だ。これはソフトウェアとデバイスで実現される非薬物治療薬である。根本的な治療方法は確立されていない認知症だが、過去の体験や思い出に触れることで、進行を遅らせる対症療法は存在する。そこで、記憶しておくべき人、場所、モノ、日々の生活におけるルーチンワークをデジタルデータとして蓄積し簡単に取り出せるようにする仕組みが開発されている。過去の記憶に関する質問やゲームによって、患者の状態の自動モニタリング・評価が可能になる。認知症の6割以上を占めると言われているアルツハイマー病では、記憶自体は失われておらず、その記憶へアクセスできなくなっているだけという仮説が存在する。これが正しければ、過去の記憶を繰り返し見て訓練することで、記憶へのアクセスを回復できるかもしれない。従来の治療薬開発においても、治療効果の定量評価にこのデジタル化された仕組みを活用することで、開発加速とコスト低減をもたらすだろう。

また、ADHD（注意欠陥・多動性障害）に対して、ビデオゲームを利用したデジタル治療薬が開発されている。これはゲームを通じて感覚刺激や運動刺激を与えることで、知覚・視覚・同時遂行能力の3つの能力を改善するよう認知科学に基づいて設計されたゲームアプリだ。300人以上の子供を対象にした実験において、注意力が改善されたという結果が出ている。今後FDAに認可されれば、従来の薬と同様に患者に処方可能になる。

デジタル治療薬は、日常的に簡単に利用できるテクノロジーを利用することで、あらゆる場所・時間において、患者の疾患だけでなく生活習慣や意識への治療介入を可能にする。そのため、患者が積極的かつ継続的に治

療を受けるようになるといったアドヒアランスの向上も期待できる。

また、デジタル治療薬は医療の発展にも寄与する可能性を秘めている。従来の治療では、病院で問診や検査を実施したときしか患者のデータを取得できない。一方、デジタル治療薬は、日々の生活の中での定常的な治療を実現し、治療を担うデバイスを通じて患者の治療への取組みに関するデータを医師に連携可能にする。データ蓄積が進めば、より効果の高い治療薬の実現が期待できる。また、ウェアラブルデバイスの活用が広がれば、様々な生体情報と組み合わせた分析も可能になる。それは予防、診断、治療が一体化された医療を実現し、社会的コストの抑制にも寄与していくだろう。

遺伝子、脳領域へのデジタル介入の拡大

デジタルの力は脳や遺伝子等の領域にも介入を拡大し、新たな医療技術を実現しつつある。その一つが脳情報を活用した治療だ。これまでも脳波の状態をモニタリングし脳のトレーニングを行うニューロフィードバックと呼ばれる方法で、ADHDやうつ病の治療が行われてきた。近年、脳波を測定可能な安価なヘッドセットの登場とスマートフォンの普及により、スマートフォンアプリでどこでもニューロフィードバックによる治療を受けることが可能になってきている。

また、難病の根本治療を実現する技術として期待されている遺伝子編集技術の診断への活用に期待が高まりつつある。血液や唾液、尿等から遺伝子編集技術を使って診断が可能になるかもしれないのだ。既にジカ熱、デング熱等の検出に成功している。使い捨ての試験紙のみですぐに診断でき、今後、様々な病気を低価格かつ迅速に診断可能になるかもしれない。

バイオテクノロジーとデジタル技術の融合により、診断や治療という枠を超え、身体の一部を作り出すことが可能になりつつある。細胞等の生体材料であるバイオインクを使って3Dプリンタで生きた組織や臓器を作製可能になってきているのだ。例えば、創傷を覆う皮膚組織層を形成する携帯型3Dプリンタが開発されており、火傷等の応急措置が必要な現場での利用が期待される。また、角膜を3Dプリントすることに成功した研究や、肺の3Dプリントに組む企業も存在する。これらの実用化にはまだ時間がかかる見込みだが、将来的に臓器はすべて人工的に作ることが可能になり、ドナー不足の問題は解消されるかもしれない。

このように生命課題への挑戦は本格化している一方で、新たな問題が顕在化している。遺伝子編集ベビーの誕生は倫理面や安全面での様々な物議を呼んでいる。今後、予防のためではなく、身体能力や知能が優れた子供を作ろうとするようになれば、それは優生思想以外のなにものでもない。また、細菌やウイルスの改変によって、新たなバイオ兵器が生み出される可能性もある。倫理指針・原則の構築や脅威への対策等、新たな技術にどう向き合っていくかが、人類の生命課題解決の鍵を握っているのかもしれない。

※1 World Alzheimer Report 2018



TT04

ナチュラリンタラクション

機械との会話は日常に溶け込みつつある。機械は人からの指示への対応のみならず、話者の感情やコンテキストを理解しつつ、自発的な対話能力の獲得をめざし進化を続ける。そして機械は人に新たな気付きを与え、人の思考を支援する存在へ昇華していく。

日常に広がる機械との会話

コンピュータと話す、そんな光景が広がりつつある。億を超えるスマートフォンには音声アシスタントが搭載され、スマートスピーカーの販売台数も急速に伸びている。電子レンジや冷蔵庫、トイレ、電子ピアノにまで音声インターフェースが具備されつつある。テキストを用いたチャットボットもサービスが乱立し、多くの企業で採用が進んでいる。

提供されている機能も、情報の検索や機器の操作から商品の注文まで多岐にわたる。しかし、実際に利用されている機能は限定的だ。2018年に行われた調査^{*1}では、スマートスピーカーの用途は約6割が音楽再生であり、家電操作等の他の目的による利用は決して多くない。スマートスピーカーで買い物を行う利用者はわずか数%程度とも言われている。

機械との会話が浸透するためには、人が人と会話をするように、機械とも会話できることが重要だ。連続した会話の中で相手の意図を正しく理解し、

場合によっては言葉以外で相手の五感に訴えかける。このような人との自然なインタラクションが機械にも求められているのだろう。

記憶による会話能力の向上

自然な会話の実現に向けた動きは着実に進んでいる。一つは会話の連続性だ。会話は決して一往復では終わらずに連続する。そして、連続した会話では頻繁に主語や目的語が省略される。人であれば会話の中からそれらを補完することが可能だが、機械には難しい。それ以前に、話しかけるたびにウェイクアップワードと呼ばれる、機械を起動させるコマンドが必要となる。これは、話すたびに相手の名前を言うようなものだ。これに対し、いくつかの音声アシスタントはこの課題を克服した。ウェイクアップワードは最初に語り掛ける時以外は不要となり、機械は名前を言われなくとも会

話を続けることが可能になったのだ。また、直前の会話内容を記憶し、省略された主語や目的語を補完することも可能となった。

Googleが公開した、人々が電話を用いて行う現実世界のやりとりをAIが代わりに実行する技術であるDuplexは、こうした連続性や会話の記憶を用いた最もわかりやすい例だろう。美容院の予約という限定的なシーンではあるが、人と遜色ない自然な会話を実現し、機械の会話力に大きな期待を集めるきっかけとなっている。

より長期の記憶に向けたアプローチも始まっている。人から「これを覚えておいて」と指示された内容を記憶することは可能となり、また、天気や聞いた場所や購入した商品といった単語レベルであれば、会話から自動で抽出し、長期的に記憶することもできるようになりつつある。記憶を辿りながらの会話が可能になれば、人と機械の意思疎通はより自然なものになる。機械が毎回同じことを聞いてくる、そういったストレスからも解放されるだろう。

求められる文脈の理解

質問の内容を正しく理解し、返答を組み立てる会話制御も重要だ。AIによる自然言語処理は盛んに研究が行われているが、画像認識等のAIの他の分野に比べ遅れをとっている。複数の意味を持つ単語や、学習するためのデータが不足している等、様々な問題が存在するためだ。

これらの問題を解決する新たな技術が登場している。文脈を考慮した上で高精度に単語の意味を判断し、文章を正しく理解することができる技術が開発されたのだ。また、その技術を活用して事前学習されたモデルが公開された。このモデルを土台とすることで、「文章から地名や人名等の固有表現を抽出する」、「質問に対する適切な回答を選ぶ」等の様々なタスクを少量のデータで学習可能になってきている。事実、この技術とモデルを活用することで、SQuAD (Stanford Question Answering Dataset) をはじめとした自然言語処理における代表的な11のタスクにおいて、従来の最先端の手法を上回る精度を実現している。

美容院の予約では有用だったDuplexもレストランの予約というシーンでは、話題が少し噛み合わず、ぎこちない会話となってしまった。急な話題の転換等、人の会話は自由でそして複雑だ。AIの進展は、人の気まぐれな会話にも正確かつ柔軟に機械が対応する糸口として期待される。

非言語情報の把握と活用

会話において、言葉で伝えられるメッセージは35%であり、残りの65%はジェスチャーや表情といった言葉以外によるものだと言われている^{*2}。この非言語情報を活用した会話を機械が習得できれば、人が行う会話に近づくのかもしれない。

非言語情報を把握するために、人の表情をセンシングし、会話に活かす

動きが活発だ。最近の研究では、表情から相手の気分を類推した上で返答するチャットボットの開発が進んでいる。このチャットボットは、返答内容に合致した表情を相手に示すこともできる。同じ言葉を受けたとしても、相手が笑顔であれば笑顔で回答し、不機嫌そうであれば心配そうな表情で相手に返答する。会話において、表情から相手の感情を読み取り、自身の感情を示すことの重要性は、メールやSNSで利用される多様な顔文字や絵文字の存在が物語っている。機械が相手の表情を読み取り、機械からも表情を示すことで、人が機械の話す内容を理解しやすくなるだろう。

他にも、声色から感情を類推したり、画像から「可愛い」といった感情をコメントする等、非言語情報の活用は多方面で進展している。今後、感情に加えて周囲の環境や相手の置かれた状況も把握可能になれば、これまで受身であった機械は、より自発的な存在へと変わるだろう。人が自身では気づかない微妙な変化を察知し、声をかけるといった気遣いが可能になるかもしれない。くしゃみから風邪薬を提案するアシスタントや、会話からうつ病の可能性を推測するチャットボット等、このアプローチは既に始まっている。

機械との会話をもたらす可能性

人は質問や指示、共感、ストレスの解消、説得等、実に多くの理由から会話という行為に至る。人にとって自然な会話能力を獲得し、相手の状況や感情を把握できるようになった機械は、今後、人々が行う会話の多くの場面に浸透し、会話を用いて人を支援する存在となるだろう。例えば、人同士の会話を機械が聞き、その会話に関する情報をリアルタイムで画面に表示するシステムは、国や世代の異なる話者間の会話理解を円滑に進めるのに大いに役立つ可能性を持つ。

また、人と機械によるディベート対決は、今後の機械の対話力を感じさせる一つのきっかけとなった。機械が持つことのできる莫大な知識から、与えられた初見の題目を紐解き、人が理解できるように根拠を結び付けながら論旨を構築し主張する。これを実現するための技術は、人間のディベートチャンピオンと競うところまでできているのだ。今後、当たり前のように機械と議論を重ね、機械からの洞察を参考に新たなアイデアを生み出し、機械とともに意思決定を行う、そんな光景が日常になるのかもしれない。

古より人類は会話という行為を通じて、文明を築き、社会を発展させてきた。今後も、会話によって人々は分かち合い、協力し、進むべき道を解き明かしていくことは続いていく。その時、機械は、人が営む会話をより円滑に、そして創造的なものへと変化させていくのではないだろうか。

※1 The Future of Retail 2018 - Walker Sands Communications

※2 Ray L. Birdwhistell, Kinesics and Context: Essays on Body Motion Communication



TT05

空間指向コンピューティング

現実空間を IT に取り込む技術が一般化した。物体の正確なサイズや位置関係が手元に再現されるばかりか、3D で再構築された空間は入り込むことも出来る。さらに情報の付加や加工を施した空間の活用が、ビジネスを人々の概念を変えていく。

空間コンピューティングの登場

空間コンピューティングとは、コンピュータのもたらすメリットをディスプレイという限られた窓ではなく、人をとりまく空間で自由に利用する技術だ。CG がディスプレイではなく現実の空間に映し出される。それは見るための CG ではなく、空間を作り出す CG だ。コンピュータがもたらす情報を空間で活用する。人類が過去に経験したことがないこの技術のメリットは、体感なくしては理解しにくい。

空間コンピューティングはまだ初歩的な技術ではあるが、AR-HMD やスマートフォンで誰でも体験できる。現実と重ね合わされるのは簡易な CG だが、重要なのはその CG が適切な場所に、適切な大きさと、現実の物体と同じようにそこにあることだ。周囲を見て回ることも、掴むこともできる。現実にあるモノの後ろに隠れれば見えなくなる。

この技術の代表的な用途は空間プランニングだ。大型機材の工場への

搬入を事前に確認する場合、搬入経路・設置場所・作業スペースなどは、これまで平面の図面からイメージする、縮尺した模型で確認するといった方法しかなかった。空間コンピューティングならば、現実の工場に、CG で実物大の大型機材が表示される。担当者は工場内を歩き回り、あらゆる角度から目視で確認できる。手間の削減だけではなく、考慮漏れを防ぐメリットもあるのは明らかだ。

情報付加による作業支援もよく挙げられる事例だ。工業製品の生産現場で完成品の検査をする場合、確認すべき部位とその方法は傍らの手順書に記載されているシーンが普通だろう。作業者はその手順書と検査対象の現物を見比べながら作業に臨む。空間コンピューティングは検査のポイントも、使うべき工具の動かし方も CG でそのまま現物に合わせて明示する。確実な理解・ミスの低減・負担軽減などメリットは計り知れない。医療現場において、検査で得られた体内の画像を患者の身体に正確に重ねて表示する例でもその絶大な効果は想像できるだろう。

Real-Scale データの充実

空間コンピューティングを利用する際にキモとなるのは、現実空間と CG で表示する物体のサイズや位置の正確な情報、つまり Real-Scale のデータだ。ここでは物体の寸法を示す Real-Scale データを 3D データ、それが置かれる空間や位置を示す Real-Scale データを 3D マップと表現する。

物体や空間をデジタルに取り込むためには、大掛かりな専用の装置が必要だ。例えば人の精細な 3D データは、マーカをつけた人が、カメラを慎重な位置決めで多数配置したドームのような施設に入り制作する。撮影された膨大な写真はデータ処理により合成され 3D データが生成される。より小型の装置も開発されてはいるが、専門家が必要な作業であることに変わりはない。

しかし AI がここに圧倒的な手軽さを持ち込んだ。物体を写した数枚の写真から、機械学習を活用した物体推定技術が 3D データを生成する。しかもすべてはスマートフォンで完結する。より少ない写真、より少ないカメラだけで高品質な 3D データを構築する技術開発は、今やブームと言える盛り上がりだ。興隆する C2C 取引、インターネット上のフリーマーケットで出品物を紹介する写真は誤魔化しようのない 3D データに変わっていくだろう。

3D マップ生成についても、ここ 10 年で急激に進展した低価格にして高精度なセンサにより手軽になりつつある。いくつかの HMD は、目の前の空間を 3D マップへ変換できる。現状、生成される 3D マップは簡単な線だけの粗いものだ。しかし、壁を認識し、部屋に置かれたモノの大きさや位置を把握するには十分だ。このように、3D データや 3D マップを個々人が手元で手軽に生成できる技術の登場が、空間コンピューティング普及の基礎になった。

また個々人が生み出す 3D マップが、公共の 3D マップに統合される動きも想定される。自動運転に関わる企業は、走行する車が収集する詳細な道路情報をオープンな共有知として統合するプラットフォームの立ち上げを宣言している。同様に、個々人が街を歩く中で生み出していく 3D マップのピースを組み合わせるグローバルな 3D マップに成長させる動きも起こるだろう。細密化する衛星写真がそのベースとなる。ライドシェアロケットが多数送り出す民間衛星が、衛星写真の撮影密度や更新頻度を飛躍的に向上させる未来は近い。人々が行動する街の建物・歩道・街路樹・看板等の一つ一つのサイズや位置情報を持った 3D マップが精緻な衛星画像に貼り付けられていく。その 3D マップをもとに、目の前の街並みに進むべき方向が立体的に示され、飲食店の看板に評価や口コミが示される。地球上が Real-Scale の 3D マップで覆われるにつれて、空間コンピューティングの価値も増していくのだ。

2つの Real の両立

さらに空間コンピューティングで、現実融合される CG が、Photo-

Real レベルまでクオリティを高めれば、新たな利便性がもたらされる。体験を販売するサービスに Photo-Real がもたらす価値は説明するまでもない。自宅にしながら Photo-Real な試着が利用できれば、顧客は様々な場所や背景の中でその服を着た姿を確認できる。トレーニングでもエンタテインメントでも現実と見まがうリアルは常に追求される表現だ。

しかし、現状の空間コンピューティングは Photo-Real にはほど遠い。現在の限られたコンピュータ性能では、空間コンピューティングに必須の Real-Time 性が Photo-Real より優先された結果だ。空間コンピューティングでは、空間を自由に動き回る人の頭の動き、視線の動きに追従して、一瞬の遅れもなく Real-Time に CG を作り出し、現実と統合していく。この処理が遅延すれば、人は違和感に襲われ、酔うこともある。許容される遅延は一説には 0.02 秒以下だ。Real-Time 性の優先が、現在の限られたコンピュータの能力では、画質の妥協を余儀なくするのだ。

この課題に対応するため、より強力なプロセッサが HMD に搭載できるサイズにまで小型化されるのを待つだけではなく、HMD 側の処理を軽くする様々な技術が提案されている。Foveated Rendering (中心窩レンダリング) と呼ばれる、視線が向いた部分だけを高解像度で表示する技術は効果が高い。クラウドが生成した Photo-Real な画像を極めて低遅延な 5G で転送するアイデアもある。Photo-Real を Real-Time に両立させる技術の確立が、空間コンピューティングを次の段階に進めるのだ。

空間コンピューティングの拡大

ようやく第一歩を踏み出したに過ぎない空間コンピューティングではあるが、この技術への注目は高まる一方だ。開発コミュニティの熱量は極めて高い。研究所レベルの技術が民主化して数多くの開発者に渡り、様々なアイデアで急速に進化していく姿は、まさにデジタル時代の技術発展の在り方だ。SF で夢として語られてきた技術が目の前で具体化していく興奮が、多くの開発者を呼び寄せ、研究開発を加速させている。

デジタルビジネスを強力に推進する企業は、顧客体験を直接的に変革するこの技術に大いに注目している。数年をかけて空間コンピューティング技術をスマートフォンに標準搭載してみせた企業や、革新的な HMD を次々に発売する企業、クラウドとの綿密な連携を具体化する企業など、空間コンピューティングにより革新される顧客接点で先んじようとする企業の競争は激しさを増している。

人々の行動も変わるだろう。知りたいことを文字にしてスマートフォンで検索する時代が終わり、目線を送った先のモノや場所に情報が重なるように表示される未来がくるだろう。タブレットに慣れた幼児は、紙の本もフリックするという。見たモノに検索結果が表示されるのが当たり前の世界で生まれ育つ世代では、世界の見え方そのものが変わるのかもしれない。



コアインフラストラクチャの躍進

「ムーアの法則」終焉が叫ばれてもシステム高速化の要求は止まない。用途に特化したインフラや、全く新たなコンピュータが要望に応えるべく登場している。企業にはサービス強化を実現する高速なインフラを慎重に選択する技量が要求される。

ビジネス戦略の要となる IT インフラ

IT インフラの戦略的選択が、デジタルビジネスの競争優位を確保するための重要な戦略となった。これまで IT インフラは、汎用プロセッサを中心にした構築が一般的で、競争優位とはもっぱらアプリケーションの出来に左右されてきた。しかし状況は変わった。ディープラーニングのような既存プロセッサでは対応できない新たな用途が台頭した。モバイルが最も重要な顧客接点になり、顧客体験最優先のサービス設計が求められるなどビジネスの要求が変化した。加えて、汎用プロセッサの進化は大幅に鈍化した。

例えば AI を活用する能力は、間違いなく現代のビジネスの優劣に強く影響するが、AI を支える IT インフラの要は、汎用プロセッサではなく超並列処理を実現する GPU が担う。GPUこそが、ディープラーニングを具体化し AI 全盛の時代をもたらしたことに疑いの余地はない。企業はこぞってこのプロセッサを大量導入した。しかし AI 活用によるビジネス優位を追求す

る一部の企業は、独自の AI プロセッサ開発に着手した。AI に特化した高速かつ高効率なプロセッサの開発に成功した企業は、続々と革新的成果をあげ、その後同様の動きは大きく広がることになった。

スマートフォンは、あらゆるデジタルビジネスにおける客との直接的な接点として活用している。スマートフォンの快適な操作感、高速な生体認証、重視される写真品質、そして電池の持ちなどを規定する IT インフラは、高速かつ低消費電力のモバイルプロセッサだ。今や標準化された部品を集めれば、比較的容易に参入可能なレベルに成熟したとされるスマートフォン業界だが、トップシェアを争う企業は競争優位の確立を求めて独自プロセッサ開発に注力する。年間 2 億台を出荷するトップ企業から、急速に実力をつける新興企業まで、各社の特性を詰め込んだプロセッサが開発され、ユニークな機能を提供してスマートフォンの魅力を高めている。

デジタルビジネスがもたらす次の競争領域は間違いなくモビリティ分野だ。自動運転技術は状況認識や判断のために、センサフュージョンやディ-

プラーニング、クラウド連携など幅広い機能を要求する。こうした多彩な機能を過酷な環境下でしかも低電力に実現する IT インフラは Edge プロセッサと総称される。新たな領域の新たな用途に適合するプロセッサが様々に提案されている。各社は自社の意向を取り入れたプロセッサの確保に将来の覇権をかけている。

このように IT インフラをビジネス戦略の要として捉え、必要ならばプロセッサを自社開発する企業が増加している事実は注目すべきだろう。サービスの競争優位をめざして、顧客接点の改善を追求した結果、自らハードウェア開発に乗り出していき必然性が生まれているのだ。

微細化によるプロセッサ高速化

IT インフラの要であるプロセッサの高速化は、これまで半導体製造プロセスの微細化によってもたらされてきた。微細化技術によってプロセッサに載るトランジスタを小型化すればするほど、高速化と省電力が実現できた。企業は自らのソフトウェア資産に手を加えずとも最新のプロセッサを導入し続ければ、処理時間を短縮し省電力化も実現できる大きなメリットを享受し続けてきた。今現在も、この微細化は確かに継続している。最新製造プロセスではゲート長 7nm の微細化が実現され、続々と出荷されている。極端紫外線 (EUV) を利用して、ゲート長 5nm というさらなる微細化を成し遂げる見通しも立っている。

だが長年続いた連続的な微細化は技術的难度が増し、実現ベースは低下している。事実、2018 年中にゲート長 7nm の微細化製品を出荷したのは一社に留まり、製造にこぎ着けず製品供給が遅れる企業や、微細化競争から脱落する企業まで現れた。今後は、技術的困難さとコストの問題から微細化ペースのさらなる鈍化が想定される。継続的な高速化を前提として、IT インフラを選択するビジネス戦略は再考が必要だろう。

目的特化がもたらす飛躍的高速化

プロセス微細化による高速化に陰りが見える中、新たな高速化を担う主役となったのが利用目的に特化したプロセッサだ。目的特化プロセッサではその名の通り、特定の目的に機能を絞り込み、専用のソフトウェアと組み合わせで高速性や電力効率を実現する。

AI に特化したプロセッサはその代表例だろう。AI の学習・推論それぞれに特化し、さらに利用するフレームワーク向けに絞り込んだアルゴリズムを埋め込んだプロセッサが次々に登場している。現在、大手クラウドベンダは揃って独自のクラウド AI プロセッサを開発している。クラウドで高効率に高速の AI を提供することが、自社のサービス革新にとってはもちろん、クラウドの利用価値を増大させることにつながるのは間違いない。

Edge プロセッサは、先に述べた自動運転だけでなく、協働作業向けモジュール連携ロボット、センシングなど、その目的は様々だ。ここで利用さ

れる目的特化プロセッサは複数の機能を統合している。近年は、様々な目的特化要素を効率よく組み合わせるノウハウも蓄積されつつある。ビジネス目的を達成する適切な組合せと機能バランスの探求が進むだろう。

さらに目的特化したプロセッサは、技術進化や変化の激しいデジタルビジネスでは陳腐化も速いという課題にも対策が進もうとしている。例えば機械学習に特化したプロセッサでも、機械学習フレームワークの違いであれば、柔軟性を持って対応できるプロセッサが提案されている。

プロセッサの基本設計に関わる知的財産をオープン化する取組みとも相まって、今後も目的特化プロセッサ開発への参入と技術革新は活発に続くだろう。

新たなコンピュータがもたらす飛躍的高速化

高速化の様々な手法を駆使しても現状のコンピュータでは、人類の課題に挑むにはまだ力不足だ。例えば、人の脳の神経回路の動きを 1 分間シミュレーションするためには、スーパーコンピュータでも 5 分以上を費やす。しかもそれは脳全体の 0.5% を計算しているに過ぎない。流体力学や創薬など巨大データを高速処理するコンピュータへの渴望は続いている。

巨大メモリを扱うコンピュータは一つの解答だ。現代のコンピュータはプロセッサが扱えるメモリ量に限界があり、それがそのまま計算規模を規定している。近年進化が著しい広帯域の大容量メモリを接続したプロセッサを複数連結して互いに共有する技術や、超巨大メモリを一括制御して複数ノードで利用する技術など、様々な提案がなされている。

量子力学を応用した量子ゲートにより超並列処理を行う量子コンピュータの実現に、現在のコンピュータを超越する性能が期待される。特に汎用性が期待される量子ゲート方式は、実用化に向け複数の企業が巨額の資金を投じて開発競争に名乗りをあげ、多くのベンチャー企業がソフトウェア開発に参入している。一方で組合せ最適化問題に特化した量子アニーリング方式は、複数のベンダが参入して商用化もが相次いでいる。各社ともまずは適切な用途を見つけることに専念しており、金融、交通、創薬などの分野で具体的な利用例を模索する動きが活発になっている。

注意すべきことは、これらの新たなコンピュータは現在のそれとは全く異なる操作が必要で、現在のコンピュータエンジニアやプログラマーがそのまま利用するのは難しいことだ。例えば同じく量子コンピュータを名乗っても各社の設計は全く別物であり、横断的な利用には膨大な数式の修正が必要だ。先に述べた目的特化プロセッサも同様の問題を抱える。新たなコンピュータの活用を活発化するためには、良質なソフトウェア開発環境の提供からディベロッパコミュニティの育成まで、プロセッサ本体以外にも中長期的な投資とコントロールが必要だ。これはすべての企業が選択できる戦略ではない。プロセッサを始めとするハードウェアにはあえて一切手を出さず徹底してクラウドを利用する一方で、強力なソフトウェア開発に集中して競争優位を築いている企業もある。IT インフラのより戦略的な選択が必要な時代になったと言えるだろう。



TT07

パーソナルデータの追考

情報の大規模流出や目的外利用が世界的な情報保護の動きを引き起こしている。一方、パーソナルデータの価値が注目され、情報の積極的な流通による活用も求められている。ルールに基づき情報を守り活かすバランスが経済発展の前提となる。

パーソナルデータの流出と目的外利用

身の回りにある多くのデバイスは、我々の生きた痕跡を逐次デジタルな情報として残している。自ら入力した氏名や生年月日等の属性はもちろん、Webページの閲覧履歴やGPSによる行動履歴、ECサイトでの購入履歴等、多くの「自分」にまつわるデータがデジタル空間上に蓄積され続けている。これらのログは本人の自覚、無自覚に関わらずデバイスからインターネットを通じて送信され、企業が提供するサービスの改善やパーソナライズに利用されている。

パーソナルデータの価値は非常に高く、これらを狙ったサイバー攻撃は後を絶たない。大手ホテルチェーンやマーケティング企業からは億単位の個人情報流出し、また、22億件を超えるメールアドレスやパスワードがダークウェブ上に公開されていることが判明した。企業によるデータの不正利用や不正収集も大きな話題となった。SNS運営会社のデータ不正共

有は、共有先のコンサルティング会社が種々の世論操作に利用した疑惑が報じられ、両社ともに大きな非難を浴びた。他にも、一般公開するための正式な審査プロセスを踏まずにスマートフォンのアプリケーションを配布し、若年層の利用者からあらゆるデータを収集するという事案も発生している。個人に紐づくデータはその価値の高さゆえに、多方面から狙われ、そして利用される状況は続いている。

世界的に進むパーソナルデータ保護

サイバー攻撃者により引き起こされる大規模な情報流出や企業による情報の望ましくない収集や利用は、世界的な情報保護の流れを生み出している。EUで採択されたGDPRは2018年5月について施行された。この規則はデータを生む個人に対しデータをコントロールするための権利を

付与し、データを保有し利用する企業に対し様々な規則を定めた。収集・利用時における個人からの明確な同意取得や、適切な安全管理措置、そして個人の申し出に対するデータ消去の実行等、企業は規則に順守するために多くの対策を施す必要があり、今もなおその対応に追われる企業も多い。EUではさらに通信の保護強化を目的とした電子通信プライバシー規則も検討されており、一部業界団体と政府の間で激しい対立が繰り広げられている。他地域においても保護の動きは活発だ。米国ではカリフォルニア州にて消費者プライバシー法が可決され、2020年の施行に向け準備段階に入った。アジアでも多くの国々で法整備の動きがまさに進行している。こうした中、データ保護のための技術的対策はより重要性を増している。サイバー攻撃者との攻防においては、いたちごっこの状況が続いているものの、防御のためのAI活用や、サプライチェーン攻撃を防ぐためのカモフラージュといった種々のアプローチで防御の質を高めるための努力が続いている。また、個人においてもデータを自ら守るという方向にシフトしてきている。履歴等を一切追跡しない検索エンジンは、前年比50%増の勢いで利用数が増加している。IPアドレスの記録をとらないDNSサービスや、匿名性を重視したWebブラウザ等、プライバシーを重視したいユーザーの需要を満たすサービスや機能は今後さらに数を伸ばすだろう。

期待が高まるデータの流通

データ保護が加速する一方、データを正しく流通させることで、その価値を最大限発揮できる環境を整えようとする動きにも期待が寄せられている。このデータ流通においては、データを保有する企業ではなく、個人を主体とした管理の仕組み、流通の確立に向け、様々な議論が行われている。個人が自身のデータを管理するパーソナルデータストアは、欧州をはじめ世界各地で実現に向け具体化されようとしている。日本においても情報銀行と呼ばれる仕組みが、実証実験から商用利用に向けた準備段階に入った。これは情報銀行が個人との契約に基づきデータを預かるとともに、個人の許可のもと第三者にデータを提供し、その対価や発生した利益を個人に還元するモデルだ。この情報銀行を起点とした新たなエコシステムの形成に向け、様々な企業による業種の壁を越えた連携が始まっている。

データを流通させるためには、各企業が持つ個人のデータを容易に移動できることが必要となる。いくつかの大手IT企業はサービス間でデータを交換する際のフォーマットの統一に向け動き出した。サービスごとにデータの形式や保管方法が異なる場合でも、データ移動の際の統一的なルールに対応すれば、流通の敷居はより下がるだろう。

技術の進展は、流通させるデータの幅も広げようとしている。個人のデータを個人と紐づかない形に加工する匿名化においては、データベースで管理されているような構造化されたデータのみならず、自然言語で記述された文章等の非構造化データにおいても、固有名詞等を自動で抽出し、匿名化することが可能となりつつある。医療文書や議事録等、匿名加工することが困難であったデータも流通させることが期待できる。他にも、暗号化

されたデータに対し、複号することなく処理を可能とする秘密計算も注目だ。データの収集から管理、活用といったすべてのプロセスを暗号化したまま扱うことが可能となれば、これまで扱いの難しかったゲノム情報や個人の病歴等の機微な情報も安全に活用できる。軌道を明かすことのできない複数の人工衛星に対し、衝突の可能性を計算する等、組織の枠を越えたデータ流通により、新たなデータ活用の可能性も生み出されるだろう。

求められる保護と流通のバランス

データの流通は大きな注目を集めているが、行き過ぎた流通は軋轢を生む可能性もある。一部の地域では決済や行動の履歴等から個人の信用度を算出し、優遇または規制するという信用スコアサービスが登場している。このサービスは不正防止やマナー向上といった効果が期待できるが、様々なデータを用いて個人を格付けすることは過度な監視と捉えられることもでき、違法なサービスとは言えなくとも、思わぬ反感を買う恐れがある。パーソナルデータを扱う際には、規則の遵守に加え、個人が受け入れやすい活用方法を模索することが課題となる。

この課題解決の一つの方向性として、オンデバイスAIが挙げられる。これまで、AIの学習や推論を実行するためにはクラウド等の強力な処理能力のある環境が必要であったが、スマートフォンに搭載可能なAIチップやデバイス内での学習手法等の開発が進み、デバイス内に閉じた処理が実行可能となりつつある。クラウドにデータを送信しなくてもよいため、企業はデータを不用意に見ることも管理することもない。個人のプライバシーに配慮しつつ、今まで手の届かなかったデータにアプローチできるため、よりパーソナライズされたサービスの実現が期待できる。

今まで同様に、デバイス内に閉じた利用ではなく、データそのものを直接利用したい場合もある。そのとき、データを保有することによるコストやリスクは今まで以上に大きくなるだろう。我々は本当に必要なデータは何かを考えることが重要だ。当たり前のように必要だと思われていたデータは、あまり価値を生み出していないこともある。

あるストリーミングサービスは、レコメンドの精度向上に国や性別、年齢といった個人のデータを利用しない。代わりに視聴履歴や利用時間等からユーザーの特性を分析しサービスを改善することで、利用者や売上の拡大につなげている。他にも、個人の属性データは利用せず、膨大な行動データからパターンを算出し、ターゲティングに活かす手法も出てきている。既存の指標や慣習に捕らわれない新たな視点が、顧客の信頼獲得とサービス拡大への第一歩となるかもしれない。パーソナルデータの保護と活用という、相反する両者が均衡するポイントを模索し続けた先に、さらなる経済発展につながる新たなイノベーションが見えてくるだろう。



TT08

デザイン主導サービスの興隆

連続的改善によりサービスを生み育てるデザインプロセスが企業競争力を支える。企業は柔軟性の高いITを最大限活用して変化を現実のビジネスに繋げる。事業変革をドライブする主役となったサービスが、様々な業態の姿を変えていく。

デジタルが加速させるサービスデザイン

サービスデザインは、顧客を定義し、顧客体験を最善にすべくビジネスに必要なあらゆる要素を組み上げる行為だ。顧客体験は、顧客が直接触れる広告・店舗・陳列・品揃え・接客・決済だけでなく、それらを提供するバックオフィスの活動からもたらされる。この体験を改善するためには、列挙された各接点で反応を測定し、さらに各接点トータルでの改善方法を探っていく。こうした作業を現実にも、それも大規模に実施する困難さは容易に想像できるだろう。

しかしデジタルはサービスデザインを競争力の鉱脈に変えてみせた。人々の手には、ビジネスを提供する企業と顧客を直接的に接続する Direct To Consumer Channel (D2C Channel) となるスマートフォンが行き渡った。デジタルビジネスはこのチャンネルを通じて顧客にサービスを提供するだけでなく、詳細なフィードバックをリアルタイムに取得できる。デ

ジタルが顧客接点のほぼすべてを覆っている EC は D2C Channel を活用したサービス提供とフィードバック収集、そして改善を繰り返すサービスデザインの端的な具体例だろう。スマートフォンの EC アプリには、蓄積された膨大な購買履歴から個々人に適切な推奨商品が、適切な順序で提示される。選ばれた商品は、顧客が望むタイミングで最も効率的に配送されるべく物流システムに載っていく。ベテランのコンシェルジュを顧客一人ひとりにつけるが如き Design For One のサービスが満足度を向上させる。商品をカートに入れて逡巡して購買ボタンを押さなかったといった顧客行動は子細に分析され、改善すべき顧客体験が抽出される。改善はソフトウェアの修正により即座に実現され、迅速に提供され、その成果に再び分析と改善が繰り返される DesignOps のループがまわっていく。

サービスデザインにより繰り返される改善が顧客満足度を高め、競争力を生み出し、さらに多くの顧客を集めていく。EC が全小売売上高の 13% を占め、さらに成長を続けている^{※1} ことがその証左だろう。

サービスデザインを活用するビジネス領域の拡大

サービスデザインの手法は様々な領域に広がっている。既存の業態の仕組みが、サービスデザインを最大限活用する企業によって圧倒されていく例にはいとまが無い。B2B から C2C にまで広がる様々な物販、ビデオや音楽のコンテンツサービス、旅行予約などに加え、処方薬の販売など、巨大で未開拓の領域への参入は話題を呼んでいる。サブスクリプションサービスなど D2C Channel とデジタルシステムがなければ実現不可能なビジネス形態も導入されていく。FinTech ベンチャーもサービスデザイン手法を活用している。直感的な UI を持つ手数料無料投資アプリや、複数の債権と債務や条件をシンプルな資金計画にまとめるアプリを提供し、顧客体験を革新的に改善している例もある。バックエンド業務の自動化・効率化を手始めに、これまで複雑で理解が難しかった商習慣を顧客視点で整理して人気を博し、確保した大量の顧客情報によってターゲティング精度を向上させ、Design For One でさらにビジネスを拡大していく。

デジタル技術が、こうしたサービスデザインによるビジネスの拡大を支援しているのは間違いない。クラウドはビジネスアイデアの早期実現や、急激なスケール変化に対応し、Design For One を支える膨大なデータ処理を担っている。さらにクラウドは、改善ループの中で繰り返される様々なトライや迅速な戦略変更を支える柔軟性を増している。複数クラウドを横断する PolyCloud の活用や、COBOL のような過去からの継承資産ですらクラウドでスケラブルに扱う Serverless Architecture がその好例だろう。

激化するサービスデザイン競争

サービスデザインの有効性が明白になるにつれ、デジタルビジネス企業の競争は激化している。それは D2C Channel における顧客の可処分時間をより多く確保しようとする争いだ。これは、ビジネスを展開する業種が様々であっても D2C Channel は限定されるというデジタルビジネスの宿命だ。このチャンネルで確保できる顧客の可処分時間の多寡は、顧客から得られる情報の量に等しく、サービスデザインの連続的改善の原資とも等しいのだ。現状の D2C Channel は、スマートフォンと、そこで動作するスマホアプリにより占められている。ユーザがこのチャンネルに与える有限の時間をいかに自社のサービスに振り分けさせるかがビジネスの勝敗を決する。EC・広告・オンデマンドメディア・ハードウェアなど異なる収益基盤を持つデジタルビジネス企業は、D2C Channel の占有時間という同じ軸で争っているのだ。例えばチャットアプリをベースにエンタテインメント、EC、ペイメントだけでなく、投資信託、社会信用スコアまで統合して一つのアプリで提供する動きが加速しているのは、単一アプリでより多くの可処分時間を囲い込むために他ならない。一方でスマートフォンに変わる新たな D2C Channel で可処分時間に切り込む動きもある。音声 UI を活用するスマートスピーカーや個々人の健康管理の入り口としてのスマートウォッチ、空間コンピューティングを用いた小型軽量の眼鏡型 HMD には、将来

的なチャンネルの役割が期待され開発投資が続いている。

サービスデザインのさらなる展開

デジタルビジネスを展開する企業は、さらにサービスデザインの領域を開拓していく。例えば、日用品の購入に EC 同様の顧客体験をもたらすレジ無し店舗が北米地域への複数店舗展開を開始した。今後、支店展開の速さ、大規模から小規模まで柔軟に対応できるスケーラビリティなど、デジタルビジネス同様の特性をリアル店舗にもたらす可能性を秘めている点でも注目すべき動きだ。

さらにモビリティの領域への進出は最も大きな事例になるだろう。自動運転技術は人の移動や荷物の運搬に必要な不可欠だった運転者を不要にする。この革新が生み出すサービスに、すでにライドシェアサービスなどで顧客体験を革新してきた実績を持つデジタルビジネス企業が主導権を持って参入しようとしている。期待が高まる中、世界最初の自動運転タクシーを一般公開したのは、やはりデジタルビジネス企業であって伝統的自動車製造企業ではなかった。彼らのデモビデオには、自動運転という技術よりも、人々が考える望ましい移動の実現がアピールされていた。それはまさに最善の顧客体験を基点とするサービスデザインの手法と言えるだろう。

とはいえ課題も残っている。デジタルビジネスがデジタルで完結できる世界を超えてリアルビジネスに進出する際には、モノの扱いや品質といったデジタル化できない情報、自動化できない作業が常に課題となる。EC における配送、服飾品の試着、生鮮食料品の販売に伴う管理や物流など未だに試行錯誤が続く。この物理世界への対応、克服こそがデジタルビジネス成功のカギだが、その試みには失敗も多い。モビリティサービスに関わる顧客体験の革新が、既存の車を自動車メーカーから調達しただけで実現するとは考えにくいだろう。

これは、伝統的企業には、自らが持つ物理世界の競争力を活かすことで、デジタルイノベーションの主体となる選択肢があることを示している。ある自動車メーカーはサービスデザインから生まれた新しいビジネススタイルを取り入れつつ事業再編を進めている。営々と積み上げた生産技術が生み出すモノが人に与える満足感、品質がもたらす安心感、その中長期的な維持に必要な物理的サービス網をベースに、デジタルの持つ柔軟性やスピードがもたらす新しい顧客体験を組み合わせる戦略と言えるだろう。伝統的製造業が蓄積している技術やサービスは、デジタルビジネスほどの Design For One やスピードはないまでも、地道なサービスデザインを実現してきた成果でありアドバンテージとなる可能性もある。

蓄積された価値を冷静に見つ、大きく変化する競争原理を認識し、不足した要素を吸収すべく舵を切る選択肢を持つ企業はまだ残っているのだ。

Case Studies 事例紹介

NTT DATA Technology Foresightの技術トレンドに関連する
先進技術を活用した NTTグループの取組みをご紹介します。

複数 AIの組み合わせによる業務効率化

TT01 社会に融合するインテリジェンス



NTTデータは、ミャンマー税関におけるX線検査業務にてAIを用いた物体認識の実証実験を行いました。通常目視で確認している旅客手荷物やコンテナのX線画像から、中身を推定し、違法物品の有無や申請書の内容との合致を自動分析して提示することで、検査官への効果的な業務支援をめざしています。

また、別のお客様との取組みとして、申請書等の記載内容から、記載誤りや虚偽の記載などが含まれる可能性が高い箇所を検出する実証実験も実施しました。この取組みでは、疑わしい申請の優先的な調査や、調査員への効果的な助言が期待されています。

このような技術を活かし、例えば申請書の不備や虚偽の可能性をAIで検出した上で、不備可能性箇所を重点的にAIで調査するといった、複数のAIの組合せによるさらなる業務の自動化も期待できる可能性があります。

今後も、このような複合的なAIの検討や実証実験を重ね、人々の業務と融合したAIシステムの構築を支援していきます。

自動データ生成によるAIの性能改善

TT02 能動的データ精練と生成

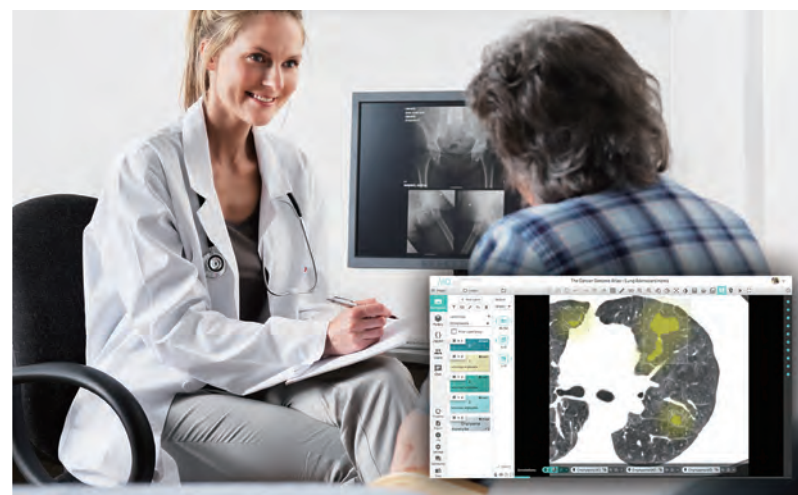


AIによる画像認識は、その精度は向上してきました。一方で、学習が十分でないケースでは認識精度が低いことも課題となっています。例えば、道路上の車両を認識させる場合、良好な通常の天気では精度高く認識できていても、雪や霧等、暗い室内等、稀有な状況下の写真・動画では、認識精度が落ちる場合があります。これは稀有な状況での学習データが少ないため、発生する問題です。そこで、NTTデータは、学習データの中で、不足している特徴を自動で抽出し、その特徴を持つ学習データを生成・学習することにより、認識精度を上げる機能の研究開発に取り組んでいます。

本技術では、AIの判断において、その結果への確信の度合いが低い場合、そのケースにおける学習が十分ではないと判断します。そこで、その画像や動画の特徴を分析し、把握した特色を持つ画像・動画のデータを生成します。それらのデータを再学習することで、判断における確信の度合いを高めます。NTTデータは、開発中のAI学習システムに本機能を組み込み、AIシステム開発における障壁の低減、導入可能性の拡大への貢献をめざします。

AI画像診断による医師の診断支援

TT03 生命課題への挑戦



NTTデータは、放射線科医による膨大な画像を分析して行う診断を支援することを目的に、AIを活用した診断支援に取り組んでいます。

深刻な疾病の診断では、CTやMRIといった機器で撮影された、数百枚以上に上る膨大な3次元の人体の画像をもとに、放射線科医が疾病の診断を行います。

大量の断層画像データ、身体の高次元データを見ての診断には多くの時間を要します。そこで、ディープラーニング技術を応用し、疾患の可能性のある箇所を分析することで、放射線科医の診断を支援するソリューションを開発しています。

加えて、人体に対する診断では、気候、生活習慣、食習慣により、国や地域で発生する疾病に偏りがあるため、グローバルに適用できる技術の開発は難しいことが知られています。

NTTデータでは、世界各国の拠点でビジネス展開していることを活かし、本ソリューションを複数か国の患者のデータを用いて開発・検証しています。このような取組みを通じて、グローバルソリューションとしての展開をめざします。

雑談を交えながら知識を伝える新感覚対話 AI

TT04 ナチュラルインタラクション



日本電信電話株式会社は、人とAIの対話における満足度の向上をめざし、複数のロボット連携による雑談制御技術を開発しています。

人とAIの対話では、単純に質問に答えるのみではなく、雑談等の会話を通して人を楽しませたり、話している内容に興味を持たせたりすることも期待されています。しかし、雑談ではあらかじめトピックが限定できないため、質問がAIの知識範囲外に及んだ場合に、不自然な応答や対話の破綻が発生することがあります。

このような対話の破綻に対応するため、メインの対話を担当していない他方のロボットが関連話題を提供し、会話の継続を支援します。また、ユーザが行った発話に類似した発話文を検索し、対応する応答文等を発話することで、よりユーザ発話に沿った応答が可能となります。これらの技術により、人に与える対話の不自然さを軽減し、人の自然なコミュニケーション・パートナーとなる対話ロボットの実現をめざします。

成田空港における地磁気を用いた高精度屋内測位

TT05 空間指向コンピューティング



NTTデータは、成田国際空港ターミナルで高精度かつリアルタイムに位置情報を提供できる空港ナビゲーションアプリ「NariNAVI®」を開発しました。

アプリでは、屋内測位技術として「地磁気測位」を採用しています。本技術は、屋内における位置情報を、地磁気を利用し高精度にアプリ上に表示する技術です。従来、屋内のようにGPS信号が届かない場所では位置把握が困難でしたが、地磁気やビーコンを活用することで正確な位置を算出し、表示可能にしました。

また、平面地図データだけは理解が難しい複数フロアにまたがる案内を、「2.5D地図基盤技術」を用いて実現しています。平面地図データに高さ情報を組合せ、立体的に表示する地図で、ユーザに現在地と目的地の位置関係の俯瞰的な理解を促します。

これらの技術により、空港という広大な空間での利用者の円滑な移動を支援します。

量子コンピュータ／次世代アーキテクチャ・ラボサービスの提供

TT06 コアインフラストラクチャの躍進



NTTデータは、量子コンピュータの特性を踏まえた活用方法を検討・提案し、お客様の課題に直結したユースケースに基づいた検証・評価を行う「量子コンピュータ／次世代アーキテクチャ・ラボ」サービスを提供します。

本サービスは、「数理最適化」と呼ばれる問題を高速に計算することを得意とする「量子アニーリング方式」を中心に扱います。お客様が抱えるビジネス課題の数理最適化問題への変換、変換後の問題を適切に計算できるマシンの選定、実際のマシンを用いた検証、業務への導入まで、ワンストップなサービスを実現します。

量子コンピュータは、既存の計算機とは全く異なるアーキテクチャで動作しており、これまで高速化が困難であった問題を短時間で解くことができると期待されています。このような、計算力をビジネスに活用すべく、適切な用途を見いだし、データ分析の高速化が必要とされる交通・物流業界や金融業界、製薬・化学業界等、様々な分野での課題解決をめざします。

NTTデータは、三菱UFJ信託銀行株式会社が情報信託機能を担うプラットフォーム「DPRIME（仮称）」の実証実験に参加しました。

本実証実験では、さまざまな事業者に散在しているパーソナルデータ*（行動データ、歩行データ、金融データなど）を集約し、横断的、多角的、時系列に可視化することで、個人が自らパーソナルデータを管理、活用するにあたっての課題を検証しました。加えて、パーソナルデータ利用企業が、個人に対して、パーソナルデータの利用目的や提供価値および対価を提示する「データ提供オファー」の内容と、個人の提供可否の判断結果をもとに、適正な価値基準を検証しました。本実証実験で得たノウハウを生かし、NTTデータは今後も、パーソナルデータの安心、安全な流通を支援していきます。

* 特定の個人を識別できる情報（＝個人情報保護法第2条第1項に定める個人情報）に加え、個人の特定・選別につながらない情報を含めた、広範囲の個人に関する情報

NTTデータは、ユーザ体験を意識したデジタルビジネスの実現に向けて、企画から実証実験、マーケティングまでをシームレスに検討するためのデザインスタジオ「Fluid Experience Design Studio "AQUAIR(アクエア)"™（以下：本スタジオ）」を開設しました。

本スタジオでは、ユーザの行動・感覚の分析を行うためのVRを活用したリアル空間のプロトタイピングから仮設店舗での実証実験までをも実施可能です。

NTTデータグループでは、世界各国に所有しているデザインスタジオ（15拠点）を連携させ、ノウハウの共有や人材の流動を実施しています。すでに欧州や米国のスタジオを中心に、この活動を通じて、ユーザ体験の分析を基軸とした新規サービスをデザインし、短期間でのリリースに成功しています。

NTTデータは、今後もデザインスタジオを活用し、お客様のデジタルビジネスの実現を支援していきます。

三菱UFJ信託銀行とのパーソナルデータ活用の実証実験

TT07 パーソナルデータの追考



デジタルビジネスをシームレスに実現するデザインスタジオ

TT08 デザイン主導サービスの興隆



近年、テクノロジーは著しいスピードで進展しており、その影響でビジネス環境が急激に変化しています。

事業を継続的に成長させるには、

ビジネスにインパクトを与える革新技术を把握し、その技術をビジネスに適用することが重要です。

NTT DATA Technology Foresight では、

政治・経済・社会・技術の4つの観点からITの変化を捉え、

「情報社会トレンド」と「技術トレンド」を策定しています。

皆様のビジネス革新に当トレンド情報が

貢献できることを願っております。

Tsuyoshi Kitani
Tsuyoshi Kitani

Executive Vice President & Director
Technology & Innovation General Headquarters



NTT DATA
Technology
Foresight

株式会社NTTデータ

〒135-8671 東京都江東区豊洲 3-3-9 豊洲センタービルアネックス
Tel: 050-5546-2308

NTT DATA Technology Foresight お問い合わせ先

技術開発本部

www.nttdata.com/jp/ja/insights/foresight/

rdhkouhou@kits.nttdata.co.jp

「NariNAVI®」は、日本国内における成田国際空港株式会社の登録商標です。
その他の商品名、会社名、団体名は各社の商標または登録商標です。