KEIZAI DOYUKAI

先進技術による新事業創造委員会　報告書

真のデジタル革命を勝ち抜く

-二つの潮流に対応するために企業のデジタル変革は待ったなし-

2019 年 3 月

公益社団法人 経済同友会

概要

本委員会は、2017 年度に発足以降、デジタル革命に必要な技術の本質的理解と先進技術による新たな価値創造についての考察を主な目的として、活動を行ってきた。対象とした技術・産業分野は、AI、量子コンピュータ、デジタルヘルス、医療 VR、ゲノム編集・合成、ロボティクス、自動運転、人の持つ感性の可視化と活用等、多岐にわたり、各分野の最先端技術の動向と社会・産業に与える影響について探究を重ねてきた。こうした検討の成果の一つは、先進技術による新事業創造の key enabler（成功の鍵）は、AI を含むデジタル技術であることが改めて明確になったことである。

本報告書では、加速度的に進化していく産業構造の変化の背景にある大きな潮流として、第一に「収穫加速の法則」、第二に「製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション」を挙げている。収穫加速の法則は、重要な技術革新は加速度的に進化するという経験則である。

一方、パーソナライゼーションは、製品・サービスが顧客や地域毎に個別化することを指す。また、リージョナライゼーションは、新興市場において IT を活用した事業等が不連続かつ急速に立ち上がることを指す。なかでも、パーソナライゼーションは、需要を上回る供給、モノ・資産の所有価値の希薄化と相俟って、P2P 経済のような新しい市場の発展にも通じる潮流である。

パーソナライゼーションとリージョナライゼーションが進む中で、企業が高い事業価値を創出するためには、デジタル技術を活用したビジネスモデルの構築が必要である。これは、先進技術による新事業創造における最も重要な視点であり、本報告書に通底する考えでもある。

以下では、上記のような考えを基本にまとめた各章の概説を述べる。

第１章では、加速度的に進化していく産業構造の変化の背景にある、経営者にとって無視することのできない二つの潮流、すなわち、「収穫加速の法則」と「製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション」を考察する。

第２章では、経営者自身が理解を深めるべき先進技術のうち、真のデジタル革命に不可欠で、広範な領域に変革をもたらすハードウェア（コンピュータ）、通信インフラ、蓄電デバイス、AI の４つの技術の進化と課題、社会・産業に与える影響等について述べる。加えて、データ政策に関する国際動向を整理する。

第３章では、本委員会での講演内容を基に、「医療・ヘルスケア」「バイオテクノロジー」「３D プリンティング」「モノづくり」「プラント・インフラ保安」「モビリティ」「感性の可視化」の７つの分野を取り上げ、先進技術の進化が人々の生活や産業構造にもたらす変化や将来展望について考察する。

第４章では、行動する経済同友会を標榜して委員会の下に設置した分科会での検討内容などを基に、経営者が自社のデジタル変革を推進する上で重要な改革として、「経営者自身による改革の主導」「勝負すべき領域の見極め」「人材育成と風土改革」「指数関数的な拡張性を備えた事業モデルの設計」「デジタルマーケティング活用」「グローバル連携」「エコシステムの構築」という７つの項目について述べる。

本報告書が、経済同友会が目指す「Japan 2.0 最適化社会[1]」の実現に向け、イノベーションによる未来の開拓を担う経営者の指針となれば幸甚である。

[1] 経済同友会「Japan2.0 最適化社会の設計 -モノからコト、そしてココロへ-」（2018 年 12 月 11 日）
https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/articles/2018/181211a.html

目 次

概要 1

はじめに 4

1. 問題意識 -二つの潮流- 6

1-1. 収穫加速の法則
1-2. 製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション

2. 真のデジタル革命のコアとなる先進技術 12

2-1. 非ノイマン型コンピュータ
2-2. 第5世代移動通信システム（5G）
2-3. 高性能蓄電デバイス
2-4. 人工知能（AI）
2-5. 企業が注視すべきデータを巡る国際動向

3. 二つの潮流の先にある社会・産業の変革 27

3-1. 医療・ヘルスケア
3-2. バイオテクノロジー
3-3. 3Dプリンティング
3-4. モノづくり
3-5. プラント・インフラ保安
3-6. モビリティ
3-7. 感性の可視化

4. 先進技術による新事業創造のために企業が取り組むべき改革 38

4-1. 企業のデジタル変革を経営者自身が主導する
4-2. 勝負する領域を見極める
4-3. 自社における人材育成と企業風土改革に挑む
4-4. 指数関数的な拡張性を備えた事業モデルを設計する（Computational Design）
4-5. デジタルマーケティングを活用する（Computational Design の応用）
4-6. 「オールジャパン」から脱却しグローバルに連携する
4-7. 既存の枠を越えたエコシステムを発展させる

おわりに 46

補論. Computational Design について 47
先進技術による新事業創造委員会 活動状況一覧 48
先進技術による新事業創造委員会 名簿 49

はじめに

昨今、社会では、デジタル技術の革新や第５世代移動通信システム（５G）に代表されるコミュニケーション革命、自動車業界が直面するモビリティ革命、本年度のノーベル生理学・医学賞などに代表される医学・製薬分野の革命など、テクノロジーの進化とその影響の広がりが実感されるようになってきた。

これらの可能性の大きさを考えたとき、経営者は自社の経営改革の必要性を意識せざるを得ないであろう。

一方で、先進技術の進化は急激かつ広範にわたり、経営者の既成概念や知識の範囲を超えており、上記のような技術トレンドが自社事業にもたらすリスクや機会を実感することは容易ではない。その結果、すべての企業にとってデジタル変革は喫緊の課題であるにも関わらず、多くの企業が最初の一歩を踏み出せぬまま、企業経営の改革に着手できずにいる。

そのような状況の根底にある問題の一つは、多くの経営者が企業のデジタル変革の必要性は認めるものの、「なぜ、今、デジタル変革をしなければならないのか？」「なぜ、自社がやらなければならないのか？」という問いに対し、明確な答えを見出すことができない点にある。

加えてもう一つの主要な問題として、デジタル変革を推進する人材の不足が挙げられる。つまり、デジタル変革を担う人材であるデータサイエンティストが社内にほとんど存在せず、また、採用することもできないと多くの経営者は感じている。

日本企業は、低コスト労働力を武器とした新興市場の企業との熾烈な競争や先進市場における技術革新の圧力への対応に迫られている。こうした中で、時に、国際的に競争力がない製品群を持ち、また、老朽化した製造設備を国内に抱えている製造業にとっては、デジタル変革は特に困難な課題であろう。

しかしながら、いま世界で起きている変化の根底にある「収穫加速の法則」と「製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション」という二つの大きな潮流に対応するためには、製造業、非製造業を問わず、各社が独自のデジタル変革を企業の根幹に関わる経営改革として進めなければならない。

AI、ビッグデータ、IoT、５G などの最新デジタル技術に関する用語は今や一般的になったが、これらは主に ICT（情報通信技術）の領域における革新の進捗

と広まりを表していると言える。事実、コミュニケーションの革新は、物流やエネルギーの革新と比較すると、情報通信技術が有する拡張性と機動性のために現時点では他の領域における革新をリードしていると言える。

しかし、本委員会の前身として 2015 年度に設置した「先進技術による経営革新委員会」の中間報告[2]で示した通り、社会や産業の構造を本質的に変える真のデジタル革命は、コミュニケーション領域の技術革新だけでは起き得ないと考えている。

真のデジタル革命は、現状の AI が抱える課題が解決し、高度なデータ活用があらゆる領域に広く浸透し始め、コミュニケーション、物流、エネルギーの三領域における革新の核となる先進技術の進化が実現する 2020 年代後半に訪れるだろう。

企業が真のデジタル革命を勝ち抜くためには、経営者自身が先進技術の動向に絶えず注意を払うとともに、2020 年代後半までに残された時間の中で、産業の構造的変化に対応するために、自社の改革を進めなければならない。

本報告書は、このような現状認識のもと、委員会における情報収集や検討を通じて得られた先進技術の進化と社会・産業構造の変化、及び、それらに対応するために企業が取り組むべき改革などの考察を共有するものである。

なお、本報告書は、上述した中間報告の続編である。ただし、先進技術は常に進化を続けているため、本報告書を最終報告書とせず、前回の中間報告書以降の本委員会における活動の総括として位置付ける。したがって、報告書の内容は、先進技術の発展に応じて、今後も定期的に見直されるべきである。

また、先進技術に関して検討すべき領域はあまりにも多岐にわたる。サイバーセキュリティ等、重要性は認識しているものの本委員会の論点からは割愛した領域があることをお断りしておく。

---

[2] 先進技術による経営革新委員会「先進技術による経営革新に関する中間提言」（2016 年 7 月 28 日）
https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/articles/2016/160728a.html

1. 問題意識 -二つの潮流-

- 加速度的に進化していく産業構造の変化の背景には、「収穫加速の法則」と「製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション」という二つの大きな潮流がある。
- 「収穫加速の法則」とは、人類史に大きな影響を与える技術革新は、加速度的な進化を続けているという経験則を指す。
- 「パーソナライゼーション」とは、製品・サービスが顧客や地域毎に個別化することを指し、P2P 経済（シェアリングエコノミー、ギグエコノミーなど）の発展にも通じる潮流である。
- 「リージョナライゼーション」とは、インフラが整備されていない新興国で、IT を活用した製品・サービスの新たな市場が不連続かつ爆発的な速度で立ち上がることを指す。
- リージョナライゼーションの広がりによって、先進市場で確立した製品・サービスを新興市場に拡大するグローバル事業戦略は必ずしも成功しなくなっている。
- パーソナライゼーションとリージョナライゼーションの底流にあるのは、需要が供給によって十分に満たされるモノ余りの時代である。
- モノが飽和する中では、企業は、モノの価値だけではなく、無形の価値を収益化する能力が必要となり、その鍵は、先進的なデジタル技術の活用にある。

加速度的に進化していく産業構造の変化の背景には、「収穫加速の法則」と「製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション」という経営者にとって無視することのできない二つの大きな潮流がある。

前者は、重要な技術革新は他の技術革新と結び付いて、次の重要な技術革新の登場を加速的に促し、技術革新が生み出される期間を短縮することにより、先進技術は線形ではなく指数関数的に進歩するという経験則を指す[3]。

後者は、モノ余りによって、製品・サービスの市場は、顧客や地域毎に個別化される方向に進んでいくとともに、新興市場における事業の立ち上げが不連続化していくというトレンドを指している[4]。

以下では、産業を取り巻くこれらの二つの潮流に対応する上での本質的視点について述べる。

[3] 米国の未来学者レイ・カーツワイルにより提唱された人類史的技術進化の概念。
[4] ミシガン大学の Yoram Koren 教授による製造業の歴史的変遷に関する考察より引用。

1-1. 収穫加速の法則

歴史を振り返ると、人類史に大きな影響を与える技術革新は、「収穫加速の法則」とも言うべき加速度的な進化を続けている。

デジタル技術の根幹であるAIは、深層学習（ディープラーニング）に代表されるアルゴリズム技術の発達、インターネットから得られるデータ収集量の爆発的な増大、コンピュータの演算処理能力の指数関数的な向上といった要素が組み合わさり、専門家の予測を上回る速度で進化を続けている。今や、AIをはじめとするデジタル技術は、医療、金融、小売、交通、モノづくりなど様々な領域で、研究開発と応用が日々進められている。

しかしながら、個々のデジタル技術の進化は、次なる産業革命という人類史的な飛躍のための一つの過程として捉えるべきものである。

産業革命規模の変革は、デジタル技術によるコミュニケーションの革新だけでは起こり得ない。高性能蓄電デバイスの登場などによるエネルギーの革新、３Dプリンターや自動運転車の実用化などによる物流の革新とともにもたらされる。特に、現在のAIが抱えるコストと消費電力の課題を解決しない限りは、その可能性が社会と産業の広範な領域に普及することは難しい。

一方、従来型のコンピュータ（ノイマン型コンピュータ）に関するムーアの法則[5]の限界を乗り越える努力に加え、量子コンピュータやニューロモルフィック・デバイスといった従来とは構造的に異なるコンピュータ（非ノイマン型コンピュータ）の実現を目指すことで、コグニティブ・コンピューティング（自ら学習するコンピュータ）が広く普及する世界が出現すると予測される。

コスト、消費電力、演算能力などにおいて現在の限界を越えたAIの活用が可能となり、多様な領域における技術進歩の相乗効果が生まれることにより、真のデジタル革命は2020年代後半に到来すると考えられる。

経営者は、こうした時間軸と将来展望を意識し、加速する変化に対して構える必要がある。具体的には、産業革命に不可欠な先進技術の要素に事業機会を見出す、あるいは、先進技術を自社のデジタル変革に活用する施策等を迅速に実行することが必要である。さらに、将来に向け加速的に変化する技術と、次に述べる産業構造の変化を考え合わせ、自社の企業価値の本質を常に新たな視点で問い直していく必要がある。

---

[5] 米インテル社の創業者のひとりであるゴードン・ムーアが1965年に提示した半導体集積回路に関し、半導体集積回路上のトランジスタの数は18ヵ月毎に倍になるとする経験則に基づく将来予測。実際に半導体集積回路は、長年、指数関数的に集積度を高めてきた。

1-2. 製品・サービスのパーソナライゼーションとリージョナライゼーション

＜マス・プロダクションからマス・カスタマイゼーションへ＞

19 世紀後半に始まった第二次産業革命は、T 型フォードに代表される単一的な工業製品の大量生産を実現し、企業は単位当たりの製造コストを大幅に下げることができた。一般の消費者にとっては、今まで手の届かなかった工業製品が大衆化することとなり、他者と同様の製品を所有することが満足に繋がる、大衆による大量消費の時代となった。

その後、物質的な需要と生活水準の向上が一巡すると、消費者のニーズは多様化し、他者とは差別化された製品に対する需要が高まった。これに伴い、1980 年から 2000 年頃に、企業はカスタマイズした多様な製品を大量生産品と同程度のコストで製造するマス・カスタマイゼーションに取り組んだ。

一般的に、マス・カスタマイゼーションによって製品の付加価値は向上するものの、製品種類当たりの販売量は減少する。このため、企業は事業規模の確保と更なる成長を求めてグローバリゼーションを進めた。

この産業構造の変化に上手く追従し、自国におけるマス・カスタマイゼーションやグローバル市場へのカスケード型の事業展開を実践した先進国企業は、特に経済環境が良好であった 2000 年以降、リーマン・ショックによる景気後退を迎える 2008 年頃まで、その成果を存分に享受したと思われる。

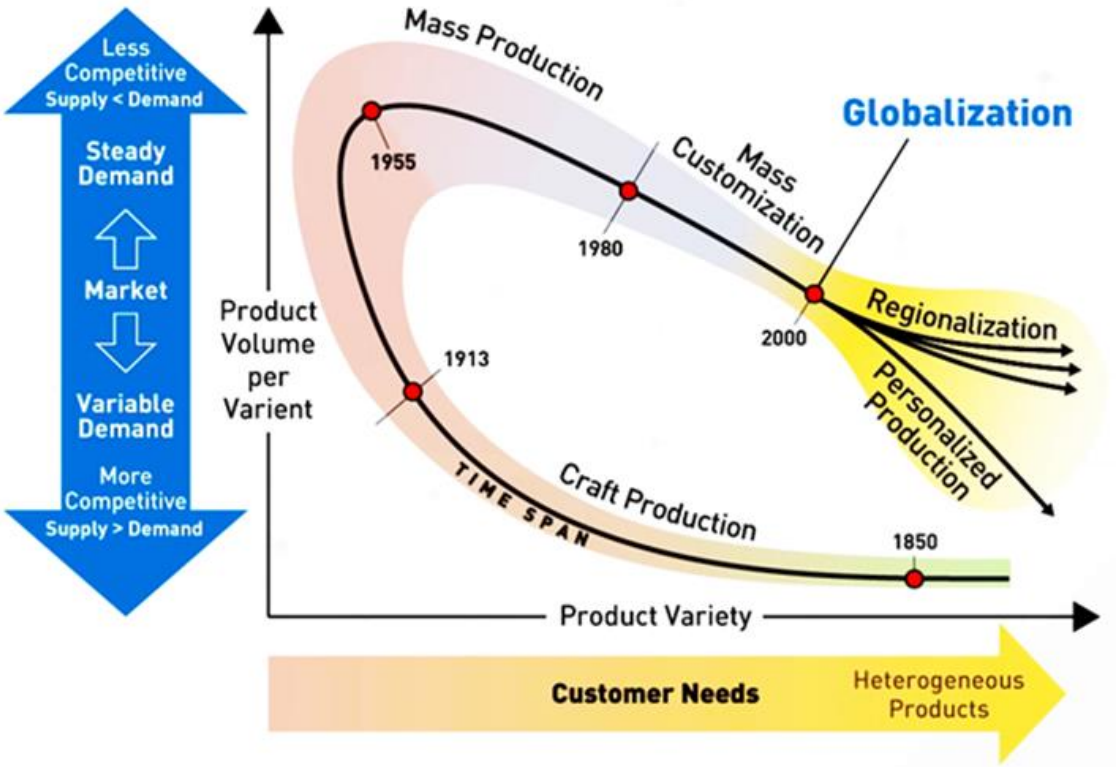
＜パーソナライゼーションとリージョナライゼーションへの移行＞

しかし、マス・カスタマイゼーションで可能な製品やサービスの差別化には既に飽和が見え始めている。ゲーム機、パソコン、スマートフォンなどの普及による ICT の大衆化とともに、消費者のモノの所有に対する拘りが薄れ、個人の価値観やライフスタイルに応じた体験を重視するトレンドが顕著になってきている。振り返れば、既に 2000 年頃から産業構造は新たな転換を迎えていたと考えられる。

すなわち、企業が供給する多様な製品・サービスによって差別化を行うマス・カスタマイゼーションの時代から、個々の顧客に個別化された製品・サービスを提供するパーソナライゼーションの時代へと移行が進んでいる。

また、デジタル技術の進化とコスト低下に伴い、先進市場から新興市場に広がった従来のグローバリゼーションの進展と異なり、インフラが整備されていない新興国で、IT を活用した製品・サービスが不連続かつ爆発的な速度で立ち上がるリージョナライゼーションへのシフトが起きている（図表１）。

（図表１）需要の多様化と供給構造の変化



（横軸）供給サイド：製品バリエーション　　（縦軸）供給サイド：製品種類当たり生産量
需要サイド：差別化製品の需要　　需要サイド：需要の単一性
※左上方ほどより単一的な供給によって需要が満たされ、右下方に向かうにつれ、需要も供給も多様化が進む状態を表す。

出典：Yoram Koren, The Global Manufacturing Revolution:Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems (2010)

パーソナライゼーションの例として、製造業では、３Ｄプリンティングを利用することで各個人に応じて設計される医療器具やスポーツ用品等が挙げられる。非製造業では、米国で普及しつつあるウェアラブルデバイスを活用して個人に最適なプランを提供する保険商品が挙げられる。

このような個を中心としたビジネスは、製品やサービスに留まらず、個人の資産や能力・スキルにも及び、それらを他の個人や企業に提供する P2P 経済（シェアリングエコノミー[6]、ギグエコノミー[7]）へと発展している。

[6] 代表例としては、空き部屋と宿泊旅行者のマッチングやオンライン・フリーマーケットなどのサービスが挙げられる。

[7] インターネットを通じて単発的な仕事を受注する働き方や、それによって成り立つ経済形態のこと。代表例としては、配車サービス、空き時間や固有技能を直接取引するクラウドソーシングなどが挙げられる。

リージョナライゼーションの例としては、ATM 等のインフラが整備されていないアフリカや中国などにおいて急激に成長したモバイル決済サービスが挙げられる。

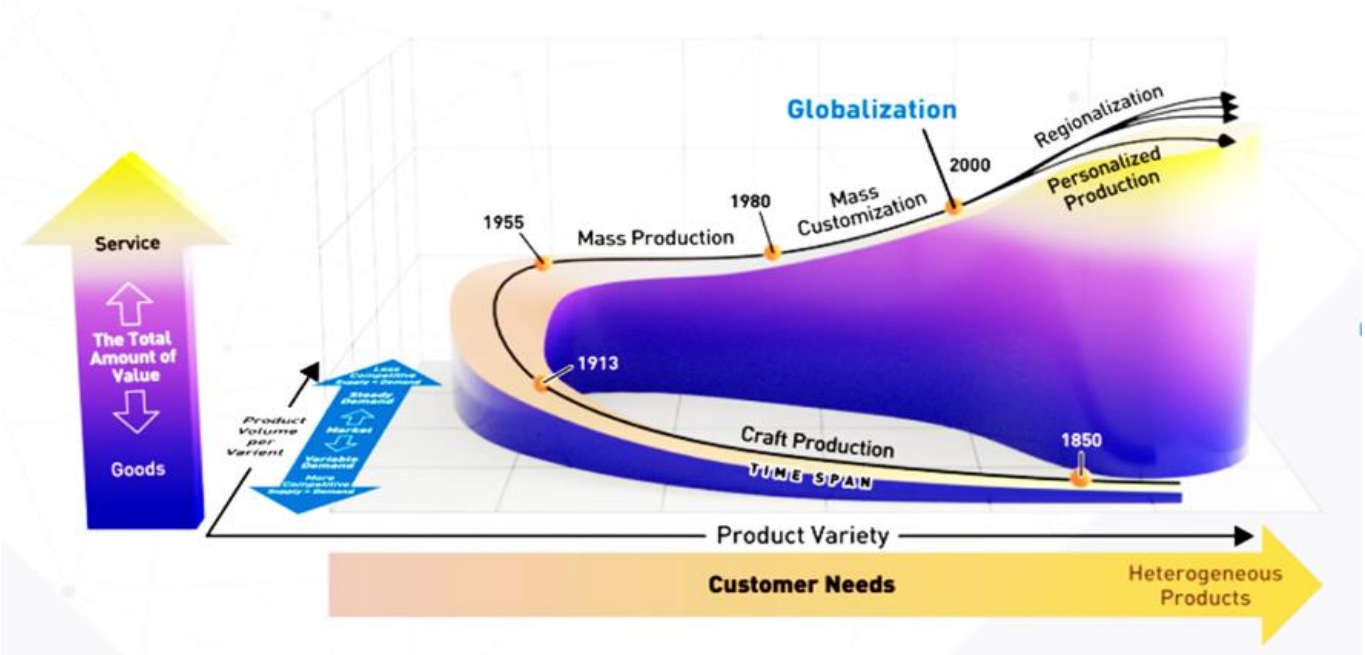
リージョナライゼーションの広がりによって、先進市場で確立した製品・サービスを新興市場へ拡大していくグローバル事業戦略は必ずしも成功しなくなっている。

＜無形の価値のマネタイズ（収益事業化）＞

パーソナライゼーションとリージョナライゼーションの底流には、需要が供給によって十分に満たされるモノ余りの時代が続いてきたことがある。企業には、需要を上回るモノの供給に対し、持続可能な社会に向けた新たなビジネスモデルが求められるようになっている。その一つが、資源・エネルギーの再利用、製品・部品のリサイクル等を促進するサーキュラー・エコノミーの発展である。

図表２は、加速度的に進化していく産業構造の変化を説明する図表１に、三次元を表す軸（Ｚ軸）として、「新たな無形の価値の軸」を加えたものである。

（図表２）需要の多様化と供給構造の変化（新たな無形の価値の軸を追加）



出典：Yoram Koren, The Global Manufacturing Revolution:Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems (2010)を基に JSR 作成

この図は、マス・カスタマイゼーションからパーソナライゼーションとリージョナライゼーションへの移行につれて、従来のモノの価値の総和は伸び悩むため、企業はモノの価値に無形の価値を掛け合わせていく必要があることを示唆する。具体的には、「コト」の領域、これまで積極的に事業の対象にしてこなかった「感性」や「ココロ」の領域、個を中心にしたP2Pの領域などの価値化が求められる。

二つの潮流は、「マス・カスタマイゼーション×グローバリゼーション」という従来型の事業展開だけで、企業が十分な事業規模と持続的な成長を追い求めることを困難にしている。一方で、たとえ、「パーソナライゼーション×リージョナライゼーション」という新しい視点であっても、これらをモノの価値のみで捉えていては十分な事業規模を得ることはできないだろう。

もちろん、二つの潮流がもたらす影響の大きさや変化のスピードは業界や事業ごとに異なる。よって、現状においては、自社の事業環境の局面に合わせて、マス・プロダクション、マス・カスタマイゼーション、パーソナライゼーションとリージョナライゼーションのそれぞれを使い分けることが重要である。

しかしながら、AIのコストの低下とともに、パーソナライゼーションとリージョナライゼーションの波は、いずれすべての産業分野に広がっていくと考えられる。

真のデジタル革命の到来が予期される2020年代後半までに残された時間を考えると、あらゆる企業においてデジタル変革は待ったなしの状況にあると言えよう。モノが飽和する中で、企業が二つの潮流に対応するためには、モノの価値だけではなく、無形の価値をマネタイズ（収益事業化）する能力が必要である。その鍵となるのが、先進的なデジタル技術の活用である。

2. 真のデジタル革命のコアとなる先進技術

- 次なる産業革命のためには、コミュニケーション、物流、エネルギーの三領域の革新が揃わなければならない。
- AI を活用したサービスが広く社会に普及していくためには、AI の性能を高めるハードウェア（コンピュータ）の進化、大容量データの高速通信を可能とする通信インフラの整備に加え、再生可能エネルギーの普及や自動運転車及び IoT 機器などを支える高性能蓄電デバイスの開発が不可欠である。
- AI の大幅な低コスト化と省電力化に加えて、三領域の革新のコアとなる先進技術の進化が実現する 2020 年代後半に、真のデジタル革命が訪れると考えられる。
- 経営者自身が先進技術の最新動向を注視し、技術が産業や事業に及ぼす影響を理解することが事業創出において重要である。

産業革命規模の変革は、AI などのデジタル技術や IoT 機器の社会への普及といったコミュニケーションの革新だけでは起き得ない。コミュニケーションの革新に加え、物流の革新（自動運転の普及、サプライチェーンの変革[8]など）、エネルギーの革新（再生可能エネルギーの普及など）という三領域の革新が揃わなければならない。

しかしながら、半導体デバイスの処理能力、半導体デバイスの製造やデータセンターなどの設備で消費される電力量、５G や IoT に関わるデータ通信インフラの実装など、コミュニケーションの領域一つを取っても未だ解決すべき多くの技術課題が存在する。これらに加えて、真のデジタル革命の実現の前には様々な課題が立ちはだかっている（図表３）。

AI を活用したサービスが広く社会に普及していくためには、AI の性能を高めるハードウェア（コンピュータ）の進化、AI に必要なデータを大量かつ高速で通信するための通信インフラの整備、再生可能エネルギーの普及や自動運転車及び IoT 機器などを支える高性能蓄電デバイスの開発、AI 技術の継続的な発展と社会的普及を支える AI のサステナビリティ（AI の低コスト化・省電力化）の一層の向上が不可欠である。

[8] 先進技術による経営革新委員会 物流・生産分科会報告書「Logistics4.0 の実現により、『価値』を高める物流へ」（2017 年７月５日）参照。
https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/articles/2017/170705a.html

（図表３）真のデジタル革命の実現の前に立ちはだかる課題の例[9]

① AI の開発、すなわち大量のデータから学習するためのコストと消費電力
② 高度なエッジ AI を実装するための開発・製造にかかるコストと消費電力
③ エッジデバイスにおける現行の AI チップの学習処理能力の限界
④ 爆発的に増加するデータに伴うデータセンターの消費電力
⑤ 電気自動車で自動運転を実現するために必要となる車載電池の容量
⑥ 4G インフラの転用だけではすまされない 5G インフラの普及

現在、こうした課題を乗り越える取組みや研究開発は既に着々と進められている。したがって、AI の大幅な低コスト化と省電力化に加えて、三領域の革新のコアとなる先進技術の進化が実現する 2020 年代後半に、社会や産業の構造を本質的に変える真のデジタル革命が訪れると考えられる。

経営者はこれらの先進技術の最新動向を注視し、技術が産業や事業に及ぼす影響を理解することが事業創出において重要である。

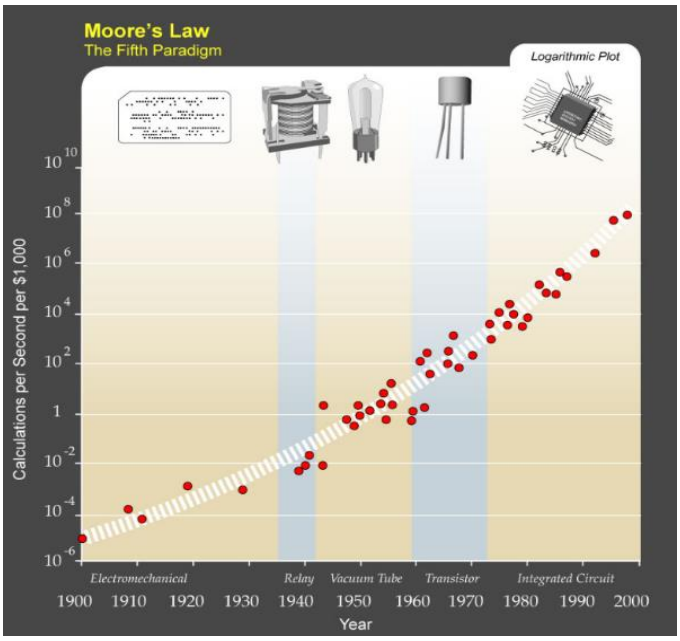
以下では、真のデジタル革命のコアとなる先進技術を考察する。

[9] ①～⑥についての具体例は次の通り。①米国 DeepMind 社の囲碁 AI「AlphaGo」の学習に要した消費電力は約 25 万ワット、開発には約 30 万ドルの費用がかかったとされる。②台湾の半導体製造ファウンドリである TSMC 社は、最新技術に対応した工場に必要な電力を供給するために国家レベルで複数の発電所の建設を計画している。③現行のスマートフォンなどに搭載されている AI チップ（ニューラルチップ等とも称されている）の予測推定機能は予め学習済みの能力が中心で、エッジでの柔軟な学習能力には限界がある。④世界の消費電力の約２％はデータセンターによるものであるという報告がある。⑤EV の電力消費は、動力としての消費と電子制御としての消費が半分ずつほどであり、EV の自動運転を支えるには電池容量が大幅に不足している。⑥５G では４G と異なる周波数帯に対応したアンテナが必要となり、新たに多くの基地局・中継局が必要となる。

2-1. 非ノイマン型コンピュータ

微細化や高集積化技術による指数関数的な半導体チップの能力向上を予測してきた「ムーアの法則」（図表４）は、既に限界を迎えていると言われる。一方で、データ量の爆発的な増加への対応と AI 技術の継続的発展には、ハードウェア性能の更なる進化が必要となる。

（図表４）過去 100 年にわたる半導体チップ性能の推移



出典：レイ・カーツワイル「The Singularity is Near」(2005)

このような状況において、現行の AI が抱える課題を解決し、コグニティブ・コンピューティング（自ら学習するコンピュータ）を支えるハードウェアの消費電力と計算能力を抜本的に進化させる新たなアプローチとして、量子コンピュータやニューロモルフィック・デバイスといった非ノイマン型コンピュータの開発が進められている。

(1)量子コンピュータ

＜開発の現状と課題＞

古典的なコンピュータ（ノイマン型コンピュータ）は、基本的に逐次処理で一つずつ命令を実行するため、AI の学習などのように複雑かつ膨大なバリエーションを計算させるには反復処理に多大な時間がかかる弱点を持っている。

量子コンピュータは、量子力学的な原理を情報処理に応用することで、古典的なコンピュータが一般的に取り扱う「０」または「１」という情報を、「０及び１」という重ね合わせた状態で扱うことができるため、古典的なコンピュー

タでは取り扱うことのできない次元の情報量を処理する可能性を秘めている。

現在、開発が進められている量子コンピュータには量子アニーリング方式と量子ゲート方式等いくつかの方式が存在する。量子アニーリング方式は、現状では、「巡回セールスマン問題[10]」等の組み合せ最適化問題に利用されており、機械学習やディープラーニングの高速処理への応用が期待されている。量子ゲート方式は、従来のコンピュータのようにアルゴリズムを開発すれば、様々な用途に利用できる汎用性を持つ。

今のところ、一般的には、カナダの D-Wave 社等によって開発されている量子アニーリング方式の量子コンピュータの方が社会実装には近いとされている。一方で、2017 年に IBM は 50 量子ビット[11]を搭載した量子ゲート方式の量子コンピュータの開発に成功したと公表している。IBM Research のダリオ・ギル氏によれば、2023 年を目途に量子ゲート方式を採用した汎用型量子コンピュータの実用化を目指すロードマップが出来上がっているようである。

文部科学省では、2017 年８月に量子科学技術に関するロードマップを示し、2022 年から 2027 年頃までにスーパーコンピュータでも困難な計算が量子コンピュータで可能になり始めることを想定している。

＜量子コンピュータにおける技術的な課題＞

しかし、量子コンピュータの実用化に向けては以下のような技術的な課題が残る。

- 量子ビットの安定性の課題：現状、実際に計算に利用できる量子状態の保持時間は、極めて限られている。
- エラー訂正の課題：重ね合わせ状態がずれる量子コンピュータ特有のエラーを訂正するためにより多くの素子が必要となる。
- アルゴリズム開発の課題：古典的コンピュータとは異なるアルゴリズムが必要とされる。

こうした課題はあるものの、量子コンピュータの開発は世界における技術的覇権を目指す上での最重要事項の一つと考えられ始めており、特に、米国と中

[10] ある都市を出発したセールスマンの移動距離が最小値を取るように、すべての都市を一度ずつ必ず訪問して出発点に戻るための経路を求める組み合わせ最適化問題の一種。都市数が 20 の場合、経路数は６京通りを超える。

[11] 量子コンピュータが取扱うことができる情報量。50 量子ビット程度の量子コンピュータであれば、現存するスーパーコンピュータの性能を上回るとされる。

国では国を挙げて大規模な開発投資を進めている[12]。

＜実用化により可能になること＞

将来、実用化された量子コンピュータを企業が使用するためには、高速回線を介したクラウド経由でのアクセスが主要な利用方法になると考えられる。量子コンピュータは、古典的コンピュータの限界を超える高度な金融ポートフォリオの最適化や最適な物流ルートの探索など、膨大な変数と組み合わせパターンの多さからこれまで計算不可能であった問題の最適解を容易に計算することができるようになると考えられている。

さらに、複雑な化学反応や素材の原子レベルでの構造と機能の高度なシミュレーションの実現が期待されており、今までの開発・実験方法では発見不可能だった新素材の創出なども可能になるだろう。

量子コンピュータは圧倒的な効率性、人知の及ばない新たな領域の開拓により、我々の想像の範囲を超える影響を社会や産業に与える可能性がある。

（2）ニューロモルフィック・デバイス

＜開発の現状＞

ニューロモルフィック・デバイス開発の最大の目的は、ニューラルネットワークに代表される AI の処理における消費電力の大幅低減にある[13]。

データの爆発的な増加に伴って、データセンターで必要になる消費電力量は今後一層増大すると予想される。また、AI は学習済みのアルゴリズムに沿って推論処理を行う時よりも、大量のデータから傾向やパターンを見出す学習処理時に膨大な電力を消費する。

エッジデバイスにおける高度な学習処理能力を実現するためには、AI のサステナビリティ（AI の低コスト化と省電力化）を高めたニューロモルフィック・デバイスなど、省電力で高性能の非ノイマン型チップの開発が必要である。

ニューロモルフィック・デバイスは、人間の脳の神経細胞の接続様式を模し

---

[12] 文部科学省「量子科学技術に関する動向について」（2018 年８月）によれば、近年、米国では民間企業以外でも国防省や NSF 等が毎年２億ドル規模の投資を行っている。EU では 2019 年度より 10 年間の累計で 10 億ユーロのプロジェクトを開始予定で、中国では安徽省合肥市に総工費 760 億元で国営の研究施設を建設中である。対して、日本の文部科学省の量子コンピュータの予算は、2018 年度からの 10 年で 300 億円に過ぎない。

[13] 人間の脳の消費電力は約 20 ワットである。一方で、現在の半導体技術で音声や画像認識など人間の脳と同じ能力を持たせるためには、脳の消費電力の 10 億倍の 20 ギガワットの電力が必要と試算されている。

た情報処理の構造（ニューラルネットワーク）をハードウェア上で構築すべく開発が進められている。従来のコンピュータでは、ニューラルネットワークの演算機能と構造をソフトウェア上で模倣しているのに対し、例えばIBMが開発した「TrueNorth」やインテルの「Loihi」などの非ノイマン型チップは、これをハードウェア上で構造化している点が特徴である。

現在は、AI関連処理に特化したAIチップがクラウドとエッジそれぞれの用途や特性に合わせ、開発・実用化されている。クラウド用途のAIチップは膨大なデータを高速かつ低消費電力で学習できる仕様である。

一方で、エッジ用途のAIチップは機器制御や端末での情報処理のための高精度のパターン認識や推論に対応する仕様で、スマートフォンやタブレット端末に組み込みができるが、消費電力は依然として大きく、チップを搭載した機器端末での学習と利用は限定的な範囲に留まる。

ニューロモルフィック・デバイスでは、現行のチップに比較して圧倒的な低消費電力でAIの学習が可能になることが見込まれている。よって、スマートフォンやタブレット端末等に組み込み、使用者個々人の行動やシチュエーションに応じて様々な学習を重ねることができると想定される。

ニューロモルフィック・デバイスについては、科学技術論文の発表数だけを見ても、1998年から2005年で100件強であったものが、2014年、2015年で各々120件強、150件強と増加していることから、開発の加速が推察される。2020年代には本格的な実用化に向け、画期的な技術が開発されると見込まれる。

＜実用化により可能になること＞

ニューロモルフィック・デバイスがエッジにおいて社会実装されると、各種センサーの情報やデータから学習するのみに留まらず、これまでヒトとヒトとの間で伝えることが不可能であった人間の技や叡智をデータとして蓄積し、学習進化を続ける機械が誕生する可能性がある。

こうしたコグニティブ・コンピューティング（自ら学習するコンピュータ）の時代には、人間並み、もしくは、人間を上回る認識力、理解力、表現力を持ったAIが様々な機器に実装されると考えられる。ニューロモルフィック・デバイスは、製造、建設、調理、医療などのあらゆる現場での活用が期待されるだけでなく、様々な運転環境において柔軟な対応が求められる完全自動運転の実現にも欠かせない技術要素である。

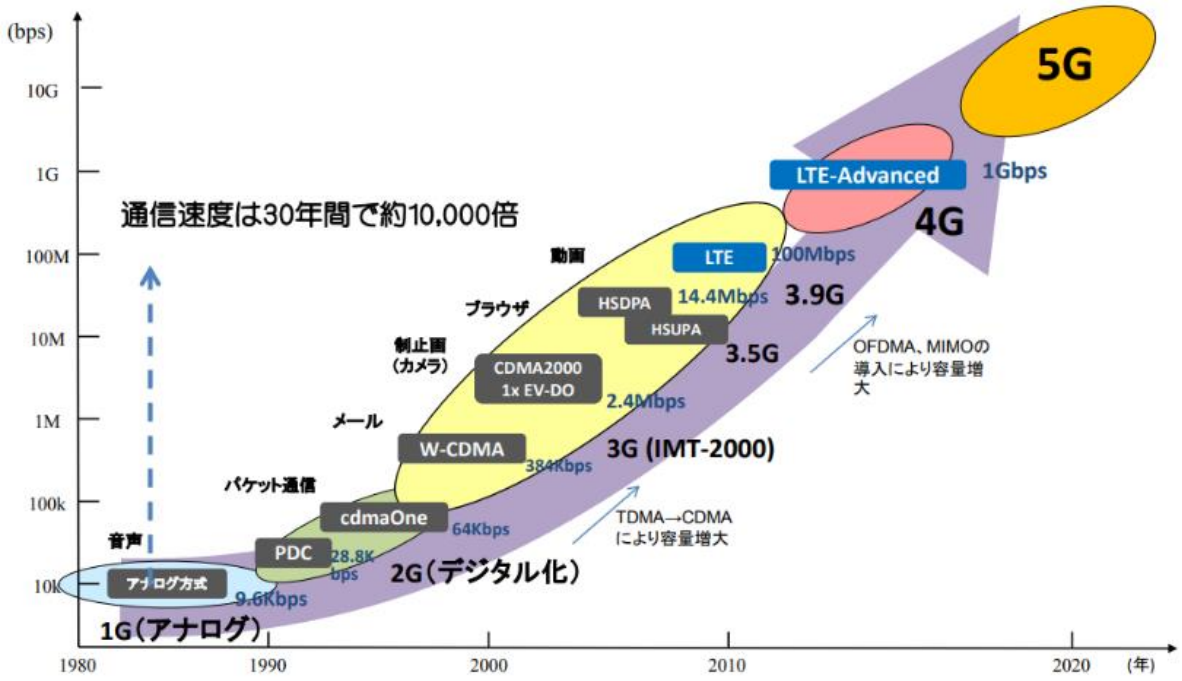
2-2. 第5世代移動通信システム（5G）

＜実用化における課題＞

高度なAIが広範な実用領域で自律的な判断と対応能力を持つためには、大容量のデータを超高速かつ超低遅延で通信し、さらには、多数同時接続[14]を可能とする第５世代移動通信システム（５G）が不可欠である。

通信インフラの性能は加速度的に進化しており（図表５）、次世代となる５Gは、４Gの約100倍となる10Gbpsの超高速通信、約10分の１となる１ミリ秒程度の超低遅延通信、約100倍となる100万個／㎢の同時接続数を実現することで、社会的に大きなインパクトをもたらすと考えられている（図表６）。

（図表５）通信インフラの変化と通信速度の推移



出典：総務省「2020年代に向けた新たな電波利用と今後の展望について」
（平成28年５月23日）

[14] 基地局１台から同時に接続できる端末を従来に比べて、飛躍的に増やすこと。例えば、５Gにより個人の自宅部屋内で100個程度の機器やセンサーを同時にインターネットに接続することができるようになると考えられている。

（図表６） ５Ｇの活用が期待される領域

出典：平成 29 年 総務省情報通信審議会新世代モバイル通信システム委員会報告

＜5G の実用化推進における課題＞

現在、５Ｇの実用化推進に向けた取組みが行われているが、一方で下記のような課題がある。

- ５Ｇの規格では、４Ｇの基地局やアンテナなどのインフラをそのまま転用できない。
- 2020 年に通信需要の高い地域を中心に一部で５Ｇの利用が開始されるが、当初は、４Ｇ基地局との連携で運用され、５Ｇへの完全移行には時間を要する。
- 周波数帯毎の技術的条件の策定、周波数の利用や割当に関する制度整備、国際標準の獲得を念頭に置いた主要国との国際連携・協調や共同研究の実施などの体制が不十分である。

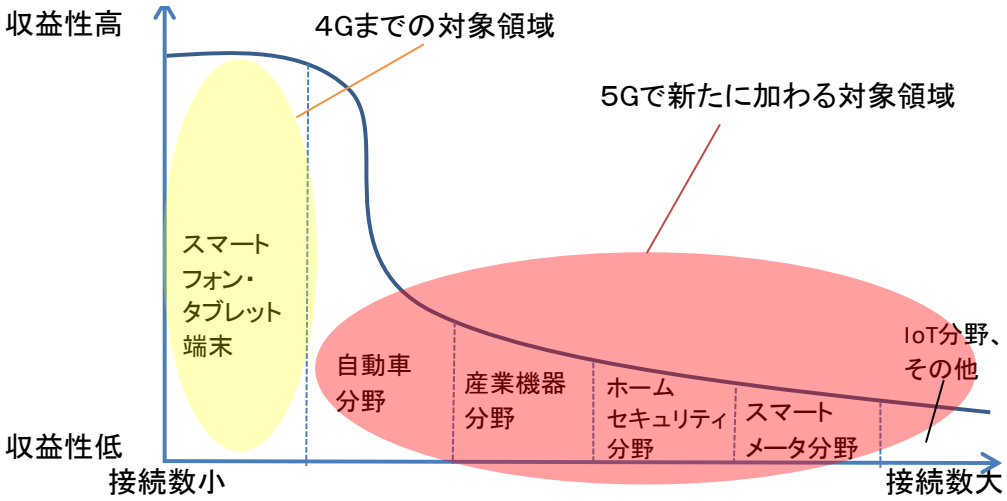
＜実用化により可能になること＞

上記のような導入の課題を抱えつつも５Ｇに対する期待は大きく、既に、大規模な商用化のための準備が世界的に整いつつある。GSM Association[15]の予測に

[15] GSM 方式の携帯電話システムを採用している移動体通信事業者や関連企業からなる業界団体。

よると、2025 年時点で、５Ｇは世界で 11 億回線、世界人口カバー率 34%が見込まれている。今後の急速な普及が予測される中で、５Ｇを活用した新たな市場創出の競争が始まっている（図表７）。

（図表７） ５Ｇの利用で事業創造が活性化される領域



出典：総務省「2020 年代に向けた新たな電波利用と今後の展望について」
（平成 28 年５月 23 日）を基に事務局作成

IoT 機器の増加に伴う爆発的なデータ量への対応、自動運転や遠隔医療といったネットワーク経由の機器をタイムラグなく精緻に操作しなければならない領域での応用などは、５Ｇの実用化が期待される領域の一端に過ぎない。

５Ｇは、個人の身の回り、及び、社会や産業で活用される様々な機器をインターネットで接続し、パーソナライズされたモノや生産現場の機器にデータ通信能力と学習能力を備えさせるために必須の技術要素である。

＜政府に期待すること＞

日本では、2020 年に開催される東京オリンピック・パラリンピックでショーケースとしての試験展開が行われる予定である。これを契機に、東京圏を中心に５Ｇの商用化と新たな価値の創出に向けた実装例を広めるため、建設、物流、観光・エンターテイメント、遠隔医療、動画広告など、５Ｇの特徴を生かしやすい分野での総合的な実証試験を積極的に推進することが望ましい。

また、インフラ投資を通信企業だけに任せず、国や地方自治体が積極的にインフラ整備を後押しすることを期待したい。

2-3. 高性能蓄電デバイス

＜エネルギー革新の鍵となる高性能化＞

現在、化石燃料や原子力といった限界費用[16]が高く、環境への負荷も大きいエネルギー資源から、太陽光や風力などの再生可能エネルギーへの代替が世界的に進みつつある。これらのエネルギー資源への実質的な転換が実現すれば、環境への負荷は限りなく小さくなる。燃料費がかからず限界費用がほとんどゼロである再生可能エネルギーの本格的普及は、真のデジタル革命に不可欠なエネルギーの革新の鍵を握る。

しかし、発電量が気象条件等に左右される再生可能エネルギーは電力系統の安定面での制約を抱える。よって、次世代エネルギーへの転換を図るためには、出力変動に応じた電力調整や余剰電力の蓄電を可能にする高容量蓄電デバイスの量産化が極めて重要である。

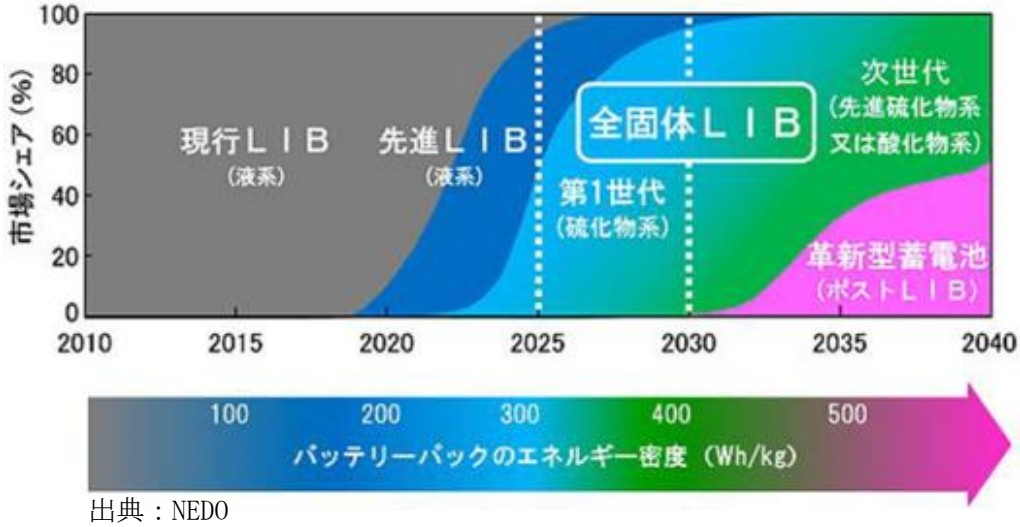
さらに、可搬型の高容量蓄電デバイスの開発は、自動運転などのモビリティの革新、自律型ロボットや高度なエッジ AI を備えた各種 IoT 機器の広範な領域への普及を考える場合にも避けては通れない課題である。

例えば、現行モデルの EV に搭載されているリチウムイオン二次電池（LiB）で実現できる実走行距離は一般的に 300km ほどである。EV においては、動力と電子制御それぞれのための電力消費の割合が概ね半分ずつであり、電力消費のうちの相当量が走行以外のために消費されている。走行距離をガソリン車並みに向上させるだけでも、LiB のエネルギー密度（Wh/kg）を現状の３倍程度まで高める必要があると言われている。

蓄電デバイスの性能を向上させる取組みとして、現行 LiB における新たな電極材料等の開発が進んでいる。また、2025 年頃の市場投入を目指して、高容量化と安全性の両立が可能となる全固体 LiB の開発や、2030 年頃の実用化が目標とされる、LiB を凌駕する超高エネルギー密度の革新的な蓄電デバイスの開発が進められている（図表８）。

[16] 製品･サービスを追加的に１単位生産するときにかかる（固定費を別とした）費用。

（図表８）　EV 用蓄電池の技術シフト見込み



出典：NEDO

＜政府に期待すること＞

高性能蓄電デバイスの開発・実装に向けては、量産化による生産コストの低減、リサイクルを実現するエコシステムが重要となる。企業の自助努力だけではなく、産官学が連携して、国際標準化を主導していくことが望まれる。

2-4. 人工知能（AI）

＜AI の活用と今後の展望＞

ディープラーニングを用いた高度な AI は、大量のデータを基に対象の特徴の抽出判断を自動で行うことを可能とした。このため、データの学習モデルを構築するハードルは格段に下がり、AI の適用範囲の拡大と飛躍的な精度向上がもたらされた。

ディープラーニングによって発展した AI の中には、画像認識、音声認識、自然言語処理、あるいは、囲碁や将棋、医療診断、与信判断といった、学習経験と推論によって膨大な可能性の中から最適な判断を選択することが求められる領域において、人間の能力を上回っているものが存在する。

また、原材料・部品の調達、製造、在庫管理、販売、配送といったサプライチェーンの様々な領域に AI を適用することにより、業務プロセスの大幅な改善をもたらしている例も見受けられる。

現在の AI（Narrow AI）は、特定のタスクに限定されており、人間と同等、あるいは人間以上の汎化能力を持った汎用型 AI（General AI）が実現されるには、まだ相応の時間を要すると考えられる。

しかしながら、Narrow AI の能力を超えた、人間並みの器用さ、あるいは、人間のみが持つとされていた創造性や閃きの一部を手に入れた、汎用型 AI に進化する過程の AI（Broader AI）の時代は始まっている。ディープラーニングを突破口とする破壊的なイノベーションが社会・産業のあらゆる場面における価値創造の源泉となることは間違いないだろう。

＜AI の受容性、社会実装に関する課題＞

一方、AI が広く社会に受け入れられ、より深く浸透していくためには、次のような課題を解決する必要がある。

- 大量のデータを用いた AI の学習におけるコストと消費電力を大幅に縮小するためのハードウェアの進歩
- 社内外に散在するデータを有効に活用するためのデータ基盤の整備・構築
- AI の力を活用する上で、自社事業に関連するデータから新たな価値を創出するために不可欠となる人材の育成・確保

加えて、日本では社会実装を進める上での実務を踏まえた下記の議論が漸く緒に就いたばかりである[17]。

- AI の活用によって事故などの不祥事が発生した場合の社会的責任の所在
- 「トロッコ問題[18]」として喩えられる AI の倫理判断の指針
- AI の判断結果における企業の説明責任
- AI の学習や判断の重要な源泉であるデータの一部企業による独占
- AI に利用した学習データの公平性や透明性の担保

人間が行ってきた仕事の大半が奪われるという AI 脅威論も囁かれている。しかし、経営者は、AI の技術的動向とその事業上の可能性や影響を自ら理解し、AI を使いこなせる企業と人材に変わるための積極的な改革を長期的視点から先導しなければならない。

そのためには、「人間対 AI」という構図ではなく、AI の価値を理解した上で、人間と AI が得意な役割を分担し、協働することで人間の能力と企業の価値創出力を拡張する、という考え方を基本とすべきだろう。

---

[17] 2018 年 12 月に内閣府は、（1）人間中心の原則、（2）教育リテラシーの原則、（3）プライバシー確保の原則、（4）セキュリティ確保の原則、（5）公正競争確保の原則、（6）公平性、説明責任及び透明性の原則、（7）イノベーションの原則、から成る人間中心の AI 社会原則（案）をまとめた。

[18] 「ある人を助けるために他の人を犠牲にするのは許されるか」という倫理学の思考実験。

2-5. 企業が注視すべきデータを巡る国際動向

データについては、通信、データベース、検索といった技術的視点だけでなく、データそのものの経済的、法的な定義の検討や、知的財産、競争法、安全保障、個人情報保護等の制度整備が始まったばかりで、その扱いは極めて流動的な状況にある。

以下、国際的なデータに関わる政策の観点から、経営者が意識しておくべき最近の動向を整理する。

「データは21世紀の天然資源である」という表現の通り、データは経済的な成長と社会や産業に重大な革新をもたらす可能性を秘めた資源と言える。GAFA[19]やBATJ[20]と称されるプラットフォーマーが市場を席巻した要因は、大量のデータの蓄積がサービスの利便性向上に繋がり、その結果、更に多くの顧客とデータの獲得が促され、サービスが一層進化していく循環的な構造にある。

世界では、今まさに、このデータの獲得を巡る激しい攻防が繰り広げられている。

＜欧州＞

EUは、2018年５月にEU一般データ保護規則（GDPR；General Data Protection Regulation）を施行した。GDPRは、厳格な情報管理のルールを定めるとともに、データポータビリティの権利（事業者が持つ個人データを本人の要請により他業者に供与できる権利）、忘れられる権利（インターネット上の個人情報等を削除してもらう権利）、プロファイリング[21]に対する中止請求権等を認めている。同法では、特定のプラットフォーマーによるデータの独占を抑制し、個人の権利を保護するという考えを前提に、違反時には、国内事業者はもとより海外事業者にも多額の制裁金を課すことができるという強い実効性を持つ。

この他に、欧州における競争政策として、支店や工場などの物理的な施設をほとんど持たないため課税ルールから逃れている大手IT企業への牽制手段となる「デジタル課税」の導入に向けた議論が注目されている。

---

[19] グーグル(Google)、アップル(Apple)、フェースブック(Facebook)、アマゾン(Amazon)の４社の頭文字を取った総称。

[20] バイドゥ（Baidu)、アリババ（Alibaba)、テンセント（Tencent)、ジンドン（JD.COM)の４社の頭文字を取った総称。

[21] 個人に関わるデータセットから当該個人の趣味、嗜好、健康・精神状態、信用力、収入などを自動的に分析・予測すること。

＜日本＞

日本においては、プラットフォーマーによる反競争的行為がイノベーションや健全な競争を制限する懸念から、デジタル時代における競争政策が関係省庁で検討され始めている[22]。その検討の中では、個人情報などのデータそのものにも金銭と同等の価値があるとみなすとしている。このことから、より実社会に即した形で、データの社会経済的な価値を反映しようとする動きへの変化が窺える。

また、アジア太平洋経済協力会議（APEC）が合意した越境プライバシールール（CBPR；Cross Boarder Privacy Rules）の環太平洋地域への普及促進とともに、APEC 加盟国を越えた広範なデータ流通経済圏の構築が検討され始めている。

＜中国＞

一方、中国では、安全保障の一環として国家によるデータ管理の強化を進めている。この動きを顕著に表すのが、自国の産業データの保護と安全保障という名目のもとで、2017 年６月に施行された中国サイバーセキュリティ法である。

同法では、幅広い産業領域における国内データの海外移転を原則制限し、国内で獲得したデータの国内サーバによる保存を義務付けている。中国は、このような国家によるデータ規制によって保護主義的な産業政策に邁進しており、独自のデータ経済圏を築き上げようとしている。

現在のところ、海外資本に対するサイバーセキュリティ法の具体的な適用事例は観測されていない。しかし、中国に産業用ロボットや半導体製造装置を多く輸出する企業や現地法人を拠点として展開している企業にとっては、貴重なリアルデータや知的財産の利活用を制限される懸念がある。さらに、この法律の内容は曖昧で、恣意的な運用によって中国国内における営業権が剥奪される恐れもある。

＜米国＞

米国では、EU の GDPR や日本の個人情報保護法に該当する個人情報保護を包括的に扱う法律は存在せず、原則として、個人データや産業データの保護は企業の自主規制に任されてきた[23]。

---

[22] 経済同友会「デジタル・プラットフォーマーを巡る取引環境整備に関する中間論点整理（案）」（2018 年 11 月 27 日）
https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/articles/2018/181127a.html

[23] ただし、電子メールやインターネットなどの情報技術の進歩とテロリズムなどの時代の要請に対応する形で、医療や金融などセクター毎に個別の法律を立法化している。また、各州政府の実態に応じて州法を制定し、個人情報保護に取り組んでいる例もある。

しかし、中国との技術覇権競争が激しくなる中、産業データに関しては、2018年８月に成立した「2019年国防授権法」に盛り込まれた輸出管理改革法と外国投資リスク審査近代化法(FIRRMA法)に基づき、安全保障の観点から技術と情報の流出を投資と輸出の両面で強硬に規制する動きがみられる。

＜国際ルールの整備に向けて＞

今日では、物理拠点に左右されずに経済活動を行う大手IT企業に適正な課税がなされていないことに対して、世界的な不満が高まっている。また、中国の権威主義的なデータ管理制度は、国内外の組織や個人に対する監視や不当な情報収集を招くとして各国の批判を招いている。

しかし、米国のような強硬な姿勢で、各国がいたずらに自国優先のための規制強化に走れば、技術的冷戦や要素技術の分断によるイノベーションの停滞を招きかねない。

そのような事態を避けるべく、G20と経済協力開発機構（OECD）は2020年を目途に、デジタル経済に対応した法人税の共通ルールの見直しを目指している。また、世界貿易機関（WTO）は、日本を含む有志国が中心となり、国家によるソースコードの開示要請を禁止するといったデータ取引の国際ルール作りに向けて動き始めている。

データに国境はなく世界におけるデータ政策は極めて流動的であるため、日本と関係国が連携しながら迅速な対応策を取ることが重要である。

日本政府に対しては、世界のデータ関連法制度の動向を分かりやすく社会に伝えることに加え、日米欧を中心とした多国間の連携によって自由で公正なデジタル経済に向けたルール整備を推進し、日本で主催されるG20サミットなどの国際会合における国際協調の枠組み作りを主導することを期待したい。

3. 二つの潮流の先にある社会・産業の変革

- 先進技術の活用・実装化によって、様々な社会課題（労働者不足、社会インフラの老朽化、交通渋滞や過疎地の公共交通機関不足など）への対応や多様化する個人のニーズに応じた新たな価値の創造が可能となる。
- 先進技術による新たな価値の創出に向けた取組みの例としては以下がある。
  - 個々の患者を中心に据えた医療・ヘルスケアの改革
  - ゲノム・遺伝子情報の様々な産業領域での利用
  - 最終製品の量産化を実現する３D プリンティングによる製造と物流の改革
  - モノづくりとプラント・インフラ保安のあり方を変える産業用ロボットや IoT 機器
  - 移動手段の制約からの解放やモビリティサービスの他産業との融合
  - 感性の可視化とビジネスへの応用

本章では、前章までに述べてきた加速的な技術の進化と産業構造の変化に関する二つの潮流が具現化しつつある領域として、特に、「医療・ヘルスケア」「バイオテクノロジー」「３D プリンティング」「モノづくり」「プラント・インフラ保安」「モビリティ」「感性の可視化」を取り上げ、各領域における新たな価値の創造に向けた取組みを将来展望とともに考察する。

3-1. 医療・ヘルスケア

これまで、医療サービスは医師や医療機関を中心に設計されていたため、患者は医療・ヘルスケア業界のルールに準拠せざるを得なかった。また、薬の効き方や副作用には個人差があるにも関わらず、そうした違いに応じた治療や服薬は行われてこなかった。しかし、今や、患者自らが、ウェアラブルデバイスに内蔵されているセンサー等から、いつでも健康状態や病状を確認できるようになっている。また、患者毎の特性に応じて的確な医療を選択できる「個別化医療」が脚光を浴びており、医療・ヘルスケア業界は、転換期を迎えている。

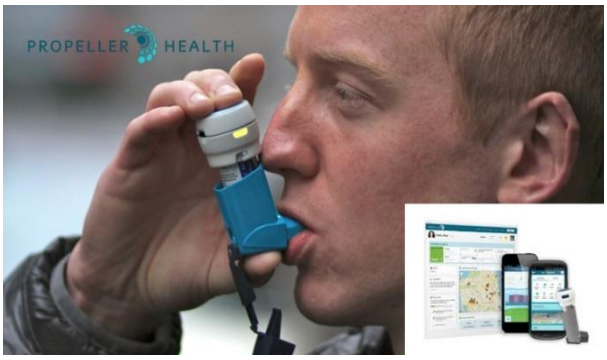
＜先進技術を活用した医療・ヘルスケアサービスの例＞

例えば、米国では、先進技術を活かした多様なサービスやデバイスが次々と開発、実用化されている（次頁の写真参照）。

- オンデマンドの医療受診サービス
- 第三者が処方薬の服用量や服薬時間を確認できるセンサー内蔵の錠剤
- ウェアラブルデバイスによりリアルタイムで心拍数、血圧、血糖値などのデータを取得し、それらを基に自動で利用者に健康状態を知らせる、あるいは、医師に相談できるデバイスやアプリケーション

これらの中には、米国食品医薬品局[24]（Food and Drug Administration; FDA）から医療機器としての認可を受けているものも存在する。米国の医療保険制度では投薬された個人に対して薬の効果が立証されて初めて保険適用される場合もあり、製薬企業と IT 企業が提携し、患者の臨床データを基にした新たな医療サービス創出への取組みが行われている。

このように、米国では医療のインターネット化（Internet of Medical Things）が広がり始めている。大手 IT 企業による医療関連企業の買収や提携が活発化し、関連スタートアップ企業は七千社にも上ると言われている。



出典：2017 年度先進技術による新事業創委員会第 1 回会合講演資料（2017 年 9 月 14 日）

写真左：内蔵された複数のセンサーにより血圧や心拍数等の測定を行うことができるスマートパッチと呼ばれる絆創膏型のウェアラブルデバイス

写真右：薬剤の残存量の服用時間のほか、気象情報や花粉、大気中の粒子状物質などの情報をクラウド経由で通知する喘息患者用の吸引器

また、CT スキャンや MRI 等の画像診断に VR（バーチャル・リアリティ）技術を活用する医療 VR も注目すべき分野の一つである。医療 VR は、患者の体内を自在な視点と角度から立体視することを可能にし、没入感とリアリティのある的確な術前診断や患者の身体に合わせた手術シミュレーションなど様々な医療行為への応用が期待されている。

米国において、オンライン診療や個別化医療への動きが加速し、医療・ヘルスケア業界の構造転換が起こりつつある背景には、医療のデジタル化は個々の患者のために行うのであって、デジタル化自体が目的ではないという考えがある。このため、医療・ヘルスケア業界は患者の利便性を高めるサービスを積極的に取り入れ、実際の使用過程でサービスの品質を改善していくアプローチを

[24] 米国保健福祉省（HHS）配下の政府機関。連邦食品・医薬品・化粧品法に基づき、医療品規制、食の安全確保を所管する。

とっており、さらに、政府との協力体制や規制緩和も進んでいる。
一方、日本ではオンライン診療の保険適用が 2018 年４月に開始され、国家戦略特区に限定されているオンライン服薬指導が、2020 年度中に漸く全国に解禁される見込みである。

3-2. バイオテクノロジー

バイオテクノロジーの分野においても加速度的な技術革新が起きている。米国立衛生研究所（NIH）によると、一人当たりのヒトゲノムの解読コストは 2001 年に 9,500 万ドルであったが、2017 年には 1,100 ドルにまで指数関数的に低減した。また、狙った遺伝子をピンポイントで改変・修正する革新的技術である CRISPR/Cas9（クリスパー・キャスナイン）の登場により、低コストで思い通りにゲノムを編集することが可能となった。
さらに、ゲノム編集の次なるステージとして、一からゲノムを構築するゲノム合成を活用した合成生物学産業という新たな産業が誕生している。

ゲノムは、４種類の塩基配列からなるデータであると言え、膨大なデータを扱うデジタル技術との親和性が高い。そのため、デジタル技術の指数関数的な進化がバイオテクノロジーの発展を加速させていると言っても過言ではない。

バイオテクノロジーの社会・産業における活用と普及においては、乗り越えなければならない課題も多い。社会的受容性や生命倫理の問題[25]についての合意形成はその最たる例であると言える。しかしながら、バイオテクノロジーの発展には、新次元の価値を創造する技術として、大きな期待が寄せられている。
今やバイオテクロジーはイノベーションの重要領域と捉えられており、欧米では、市場獲得と課題解決を目指し、国家レベルで戦略を策定・推進している。合成生物学の産業利用に対する期待の高さは、関連スタートアップ企業が急増していることからも窺い知れる。

ヒトゲノムの解読がゲノム創薬、遺伝子診断、iPS 細胞の創出、腸内フローラの活用といった当初予期していなかった数々の波及効果を生み出したように、ゲノム編集・合成技術も様々な領域での活用が進んでいる。

[25] 2018 年に中国の科学者がゲノム編集技術を用いた赤ん坊を誕生させたという発表に対して世界中から批判が殺到している。

＜ゲノム編集・合成の活用例＞

- 遺伝子組換えした蚊によるマラリアなどの伝染疫病の撲滅
- 人工クモ糸などの機能性材料の生成
- 腐りにくく栄養価の高い農作物の作出
- 藻類バイオ燃料の創出
- ウイルス感染の心配のないヒト細胞による安定的なタンパク質製剤の生産
- 天然資源に依存していた機能性化合物の実験室内酵母での合成

今後、ゲノムを通じて新しい価値創造を発現できる領域が非バイオ分野にまで広がると、ゲノム・遺伝子情報だけでなく、それらの情報を活用したゲノム編集・合成の技術的ノウハウといった無形の産業的価値の重要性がより一層高まると考えられる。

3-3. 3Dプリンティング

３Ｄプリンティングによる加工法を取り入れることで、従来の加工法では困難な形状の成形が容易になる実例が生まれている。３Ｄプリンティングで用いられる素材は、各種プラスチックだけではなく、コンクリート、セラミックス、金属、生体組織などにも広がっており、多様な分野での研究と応用が進んでいる。なかでも、射出成型（加熱・加圧された樹脂等を金型に押し込んで加工すること）によるプラスチック製品の市場[26]は、３Ｄプリンティングの適用によるインパクトが大きい市場であると目されている。

３Ｄプリンティングはデータから直接製品を製造するため、設計や改良にかかる期間の短縮や在庫のオンデマンド化の実現や、デザインの柔軟性によるオーダーメイド品への対応などが期待されている。

しかしながら、素材を下部から一層ずつ連続的に積層していく一般的な方式には多くの課題がある。このため、３Ｄプリンティングの用途の大半は、試作品の製造に留まってきた。

＜3D プリンティングの課題＞

- 製品強度の不足
- 製品精度（解像度）の不足
- 製造速度の不足
- 使用できる樹脂と実現できる特性の限界

[26] 射出成型によるプラスチック製品の市場規模は約 3,300 億ドルと推定されている。
出典：Business Research 社「Plastics Product Manufacturing Global Market 2017」

一方、独自の技術的アプローチによって、最終製品の量産化に応える３Ｄプリンティングが実用化されつつある。この新たな３Ｄプリンティングは、貯水槽の中に貯められた樹脂の底面から紫外線を照射することで樹脂を硬化する。よって、従来の３Ｄプリンティングのように素材を積層することなく、連続的な立体成形を行うことができる。さらに、製品用途に応じた多様な高性能樹脂素材、複雑な成形プロセスの制御やユーザーの支援を行うソフトウェア、短期サイクルのアップグレード[27]を組み合わせ、均質かつ高精細で、現行の射出成型品と同程度の強度を持つ製品の量産化を実現している。

具体的には、以下のような最終製品の量産化やパーソナライゼーションに対応した製品における適用が進められている。

＜3D プリンティングの適用例＞

- 安全品質基準を満たした自動車部品
- 衝撃性に優れたスポーツシューズ用のミッドソール
- FDA の認可を受けたインプラントや入れ歯
- 薬剤投与用のマイクロニードルアレイ[28]

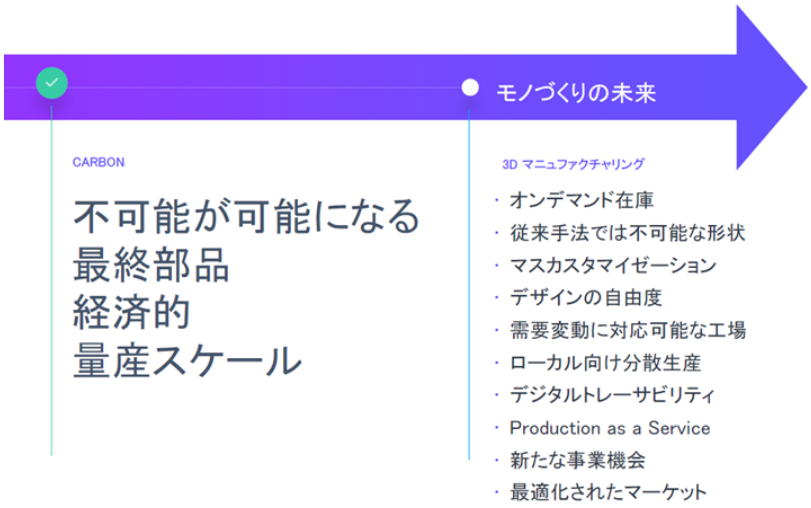
３Ｄプリンティングが生産する製品の増加とともに、製品の材料である樹脂の使用量も増加しつつある。結果として、一部の樹脂素材の価格はかつての６分の１程度に大幅に下がり、３Ｄプリンティングを活用した製品の製造はますます増大することが見込まれている。

最終製品の量産化を実現する３Ｄプリンティングは、金型による射出成型では不可能であったデザインと製造の一体化による、部品数の削減と一体成型、構造強度向上や軽量化、大幅な生産コスト削減などをもたらす。加えて、需要変動への柔軟な対応、在庫のオンデマンド化、地産地消型のモノづくりが可能となるため、物流プロセス全体の革新を現実のものとする（図表９）。

[27] 講演を行った Carbon 社の３Ｄプリンティングのサービスでは、ソフトウェアは６週間ごとに、モジュール化されたハード部品は用途に応じてアップグレードされる。また、新しい樹脂素材は１年に４回提供される。

[28] 薬剤を皮膚に浸透させ、体内に届けるための極微細な針形状突起を配したシート。皮膚に貼付した際に、通常の注射と比べて痛みが感じられにくい。

（図表９） ３Ｄプリンティングによる新たな価値の創造



出典：先進技術による新事業創造委員会 第７回会合（2019 年１月 17 日）

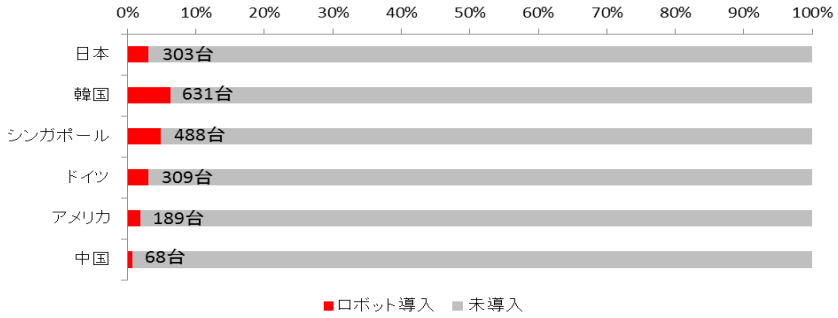
3-4. モノづくり

過去の産業用ロボットは安全柵の中で人間から隔離して設置される大型の機械というのが常識であった。このようなロボットは比較的単純な特定の作業を効率的に行うことに長け、人手による作業プロセスの自動化を大いに前進させた。一方で、繊細さやしなやかさが求められる複雑な作業は苦手で、いまだに熟練工の経験や勘が頼りにされている現場は少なくない。

日本が得意とする高品質のモノづくりの現場は、深刻な労働力不足に悩まされているにも関わらず、他国と比して産業用ロボットの導入が進んでいるとは言い難い（図表 10）。むしろ、2016 年から 2020 年の産業用ロボットの累計稼働台数の増加予測では、米国の 1.6 倍、中国の 2.8 倍という増加見込みに対して、日本では 1.1 倍の増加見込みに過ぎない。

この理由として、ロボットとヒトが協働することによる安全性への懸念に加え、日本では機械化設備投資の採算に見合わない非量産品分野や人間の感覚に頼る機械化が困難な分野を数多く扱っていることなどが考えられる。

（図表 10）製造業従業員１万人当たりの産業用ロボット利用台数（2016 年）

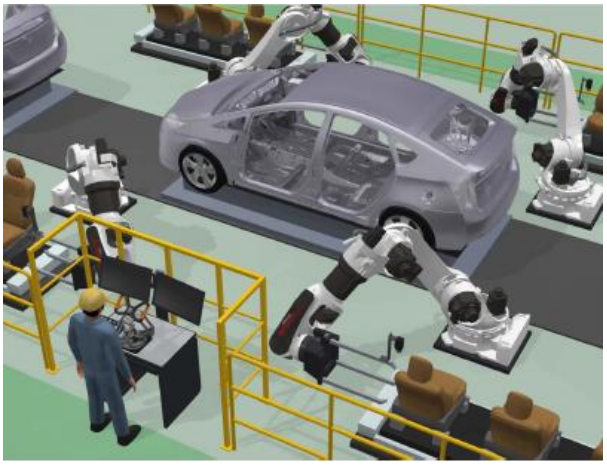


出典：IFR 統計局、World Robotics 2017 を基に事務局作成

一方、産業用ロボットの技術進化により「人共存型ロボット」と呼ばれる、ロボットとヒトの作業範囲を区分する安全柵の設置が不要で、人間と同等のスペースしか要せず、大規模なライン変更なく設置できるロボットの実用化が進んでいる。

この新しいロボットは一台のタブレット端末から複数台のロボットへ容易に作業指示を行うことができる。単純作業であれば人との代替や作業能力の増減が容易であるため、生産期間が短い製品や季節変動が大きい製品への適用も可能であり、工場のみならず店舗、病院、宿泊施設などでの利用拡大が期待されている。

また、ヒトとロボットのシームレスな協調作業と、ヒトのもつ繊細な技能の伝承を可能にするロボットの実用化も進んでいる。このロボットは、遠隔操作を行う際に動作感覚（視覚、力覚、触覚、聴覚など）を操作者へリアルにフィードバックする。遠隔操作者が現場にいる作業員と同じ感覚で作業を行うことができるため、ヒトと遠隔ロボットとのシームレスで安全な協働を実現する。さらに、熟練工の操作情報を AI が学習し、学習した操作内容から自律的に作業を再現する機能を備えている。熟練工の繊細な操作と見習い工の操作との差を定量的に分析してフィードバックすることによって、熟練作業を見習い工へ継承するためのトレーニングマシンとしても使用できる。



出典：先進技術による新事業創造委員会第５回会合講演資料（2018 年２月 14 日）

写真左：川崎重工業製の人間の手や腕の独立した動きを再現できる人共存型双腕ロボット「duARo（デュアロ）」

写真右：川崎重工業製の遠隔協調システムを備えた技能伝承型ロボット「Successor（サクセサー）」

＜産業用ロボットが普及するための技術的な課題＞

このようなロボットが製造やサービスの現場に幅広く普及していくためには、以下の技術進化が必要である。

- ヒトの複雑な動作に関するデータの更なる獲得
- クラウドを介することなくロボットが現場で学習するためのエッジコンピューティングの進化
- ロボットの一層のダウンサイズ化
- 精緻な動作を実現するハードウェアの技術革新
- タイムラグのない遠隔操作のための通信技術の実用化

先進技術を活用して高度化された産業用ロボットは、リアルな動作感覚を伝える遠隔機能を備えることによって、高所高温などの危険な環境においても人間の感覚が不可欠な作業や移動の手間からヒトを解放する。

また、ヒトとロボットとのハイブリッドな製造プロセスを実現することで、量産品、カスタム品、オーダーメイド品の製造ラインを切り替えることなく、製品の生産ができるようになる。

さらに、AI による学習機能によって、これまでの産業用ロボットの使用に必須だったティーチングやプログラミング工程の負荷を軽減し、熟練工のモノづくりの技能という無形の価値の新たな活用展開を可能にするだろう。

3-5. プラント・インフラ保安

我が国では、道路、橋梁、トンネルなどの多くの社会インフラが建設後 50 年を迎えつつある[29]。また、鉄鋼プラントや化学プラント等、プロセス製造業の国内生産設備でも老朽化が進んでいる。経年劣化したプラント・インフラ設備は、潜在的な事故のリスクの増大や稼働率の低下に繋がりかねない。

しかし、プラント・インフラ設備の多くを廃棄・新設することは現実的な選択肢ではなく、既存設備の維持にかけられる労力やコストは限られる。さらに、保守・安全管理の実務を担ってきた熟練オペレーターは、その技能を次世代に満足に継承することができないまま引退の時期を迎えつつあり、オペレーターが若年化する中、現場の保安機能の維持は困難な状況となっている。

このような課題を抱えるプラント・インフラ保安の分野でも、先進技術を活用した様々な取組みがみられる。例えば、熟練オペレーターの目視や打音等に

[29] 国土交通省は、2017 年 12 月時点で全国の道路橋のうち 23%が建設後 50 年を経過しており、2023 年にはこの割合が約 4 割に上る見込みであると試算している。

より行われているインフラ点検作業を、センサーやドローンによるデータ取得と AI による異常予兆診断で補助する取組みや、電磁波レーダーを用いて橋梁床版の深部の状態を検査するなどの実証実験が進行中である。

また、化学プラントの運転管理や保全業務に関して、映像や音声などのデータをセンサーと無線で自動収集し、分散制御システム（DCS:Distributed Control System）などプラント設備からの情報と組み合わせて分析できるデータ分析基盤の構築が進められている。さらに、機械学習によるアルゴリズムに基づいた適切な判断をリアルタイムで現場オペレーターに提示できるソリューション等も開発されており、既存生産設備の稼働率の改善と維持費用の低減が見込まれている。

現在は、防爆規制によって、カメラ付きデバイスなどの特定機器のプラント内への持込みは禁止されている。また、持ち込み可能な機器でも導入のコストが大幅に高くなるといった場合がある。しかし、先進技術により、若年オペレーターの修得レベルと各業務内容に応じた、最適なオペレーション支援の実現が期待されている（図表 11）。

＜先進技術を活用したオペレーション支援の方法の例＞

- AI と音声チャットボットを使用した、若年オペレーターの OJT や業務のサポート
- AR（Augmented Reality）を使用した、現場で使用可能なインタラクティブなマニュアルや指示の伝達
- VR（Virtual Reality）を使用した、危険作業や災害発生状況の疑似体験

（図表 11）先進技術を活用した化学プラントにおける将来像

出典：先進技術による経営革新委員会 コンビナート分科会「革新技術を取り入れたミレニアル世代のための将来の現場保安と働き方のビジョン」（2017 年 7 月 5 日）

3-6. モビリティ

世界では「CASE[30]」をキーワードに自動運転車のみならず、あらゆる移動手段を統合したマルチモーダルな交通体系により利用者個人に適した移動サービスを提供する「MaaS (Mobility as a service)」のプラットフォームを握るための競争が激化している。このため、自動車業界では、今まで到底考えられなかった企業同士の提携が相次いでいる。

日本では、2020 年東京オリンピック・パラリンピックで最先端の自動運転技術を国内外に発信することを目指している。政府は、「未来投資戦略 2018」の中で、実証実験の推進や制度整備を急ぎ、国家的な産業政策として魅力的な「MaaS」を提供するための検討を進めるとしている。

イスラエルのモービルアイ社によれば、自動運転の技術開発は、車線、歩行者、目的物のセンシングと判別や、渋滞等の交通情報を含むマッピングシステムは既に実用段階にあるとしている。しかし、安全かつスムーズな運転を実現するためには、人間と機械の運転手が混在する複雑な状況への対応に加え、地域などによって異なる運転の常識や運転手間のジェスチャーなど、ルールやポリシーとしてプログラム化が困難な運転行動様式を AI に学習させることが、最も大きな課題であるとも述べている。

こうした課題を解決し、自動運転を実現するためには、省電力かつ高度な学習処理能力を持つ車載 AI チップや超低遅延で自動車とデータセンターを結ぶ通信システムが欠かせない。

自動運転が現実のものとなれば、移動手段の制約は限りなく小さくなるだろう。また、交通渋滞、公共交通機関の不足、環境問題など様々な課題が解決され、物流の革新を大きく後押しすると考えられる。従来は、「移動すること」自体が目的であったが、モビリティサービスが観光、イベント、医療、教育等の他産業分野と融合することによって、移動過程の時間と空間からも価値が創出されると考えられる。

3-7. 感性の可視化

感性や知覚といった人間の主観を脳科学に基づく解析によって可視化し、それらのデータの分析結果をビジネスや社会に活用するための研究が進められている。感性の可視化は、個人の感覚と調和する製品の開発や顧客のココロに訴

[30] Connected（コネクテッド）、Autonomous（自動運転）、Shared & Service（シェアリングサービス）、Electric（電動化）の頭文字を取った造語。

えかけるマーケティングを実現する手段として応用化が始まっている。

例えば、センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム[31]の支援を受けている感性イノベーション拠点では、最先端の脳科学や ICT を駆使して、感性や知覚の可視化、人と人、人とモノを感性でつなぐ Brain Emotion Interface（BEI）の開発を行っている。また、これらの研究成果の社会実装化に向けた取組みを産学連携で進めている。

同拠点は、脳波、fMRI、その他自律神経系の代替指標の測定等から、高揚感、不安感、共感など人間の感性に基づく反応の可視化について研究を行っており、いくつかの領域においては感性の可視化を実現している。さらに、無意識的な視線や操作感覚の可視化といった「知覚」の可視化についても取り組んでいる。

＜感性の可視化の研究・実装例＞

- スラローム走行と直線走行時の脳波の違いによる高揚感の可視化
- 痛覚刺激に対する予測と予測誤差のギャップを利用した不安の可視化
- 注視の可視化（サリエンシーマップ）を活用した、視線が商品に向きやすい店舗の設計や商品の特徴が強調されるカタログの作製
- 運転手の操作感覚と実際の動きの差異の可視化に基づく操作しやすいショベルカーの開発

感性の可視化を広く社会や産業に応用するためには、感性を計測する技術やアプローチの発展に加えて、可視化された感性を定性・定量調査等と統合し、感性の評価判断と消費者へのフィードバック活用を目的とした良質なユーザモデルの構築が重要である。

感性の可視化とその応用は、無意識の形式知化を通して、コミュニケーションや製品・サービスのあり方を変え、より心豊かな生活の実現をもたらすと考えられる。

（図表 12）感性イノベーション拠点が目指す将来の姿

出典：COI プログラムの WEB ページ

[31] 国立研究開発法人科学技術振興機構が実施する研究開発支援プログラム。

4. 先進技術による新事業創造のために企業が取り組むべき改革

- 経営者は、長期的視点と強いコミットメントに基づき、企業のデジタル変革を自ら主導すべきである。
- 加速する先進技術の進化を前提に、自社事業の価値を再定義し、自社がフロンティアを目指す領域とキャッチアップする領域を峻別する必要がある。
- デジタル変革を推進する施策（人材育成、インフラ整備、企業風土改革など）には短期的な投資期待効果に依らず、大胆な予算配分を行う必要がある。
- 爆発的な速度で不連続に市場が形成されるというリージョナライゼーションのダイナミズムと成長力に対応するために、事業モデルに当初からデジタル技術の特徴である指数関数的な拡張性を組み込む Computational Design の考え方を用いたビジネス設計が必須である。
- 顧客基盤を持たない市場での事業展開においても、Computational Design を市場戦略に活用したデジタルマーケティングが有効な手段となる。
- 国内技術の活用のみを考える「オールジャパン」の発想からの脱却、プラットフォーマーを含むグローバルな企業との強かな連携が重要である。
- 経営者が個人の資格で参加する経済同友会の特徴を生かし、国・地域、企業規模の大小等を越えた、多様な人材が参画するエコシステム構築のきっかけを作る。
- 2020 年東京オリンピック・パラリンピックを契機に、日本の社会、市場の魅力をアピールし、世界から多様な人材と先進技術が集結する東京の価値向上を促進すべきである。

経営者は、二つの潮流を念頭に置きながら、社会や顧客にとって自社事業が持つ価値を再考し、新たな価値を創造すべく、先進技術を活用したデジタル変革を推進していかなければならない。

本章では、先進技術による新事業創造のために企業が取り組むべき改革について述べる。

4-1. 企業のデジタル変革を経営者自身が主導する

IT による単なる効率化で改善される生産性の水準は 20～30%に過ぎないだろう。一方で、今訪れようとしているデジタル革命によってもたらされる技術を上手く活用することで、企業の生産性を 10 倍や 100 倍にまで引き上げることが可能となる。そのためには、新たな事業価値の創出に向けて、業務プロセスや組織体制を根底から見直し、デジタル変革を推進する企業風土への改革が必須となる。

こうした改革は社内の専門組織や外部業者への安易な検討の委任によっては実現せず、また、一朝一夕で成し遂げられるものでもない。したがって、長期的視点と強いコミットメントによって、社員全員を巻き込みながら、経営者自らが企業のデジタル変革を主導しなければならない。

4-2. 勝負する領域を見極める

真のデジタル革命が到来すると予想される 2020 年代後半までに残された時間は少ないが、企業にとっては、劇的な変化に対応するための貴重な準備期間となる。この間に日本企業は、例えば「世界のトップ３」となるような産業分野や技術分野に自社の事業領域を絞り込むことが重要となる。

そのためには、加速する技術進化と産業の構造的変化に照らし合わせて、自社が提供する価値をモノそれ自体の価値と無形の価値の視点から観察し、事業価値を分解する必要がある。これによって、長期的かつ非連続的な観点で自社事業の価値を再定義することが可能となるだろう。

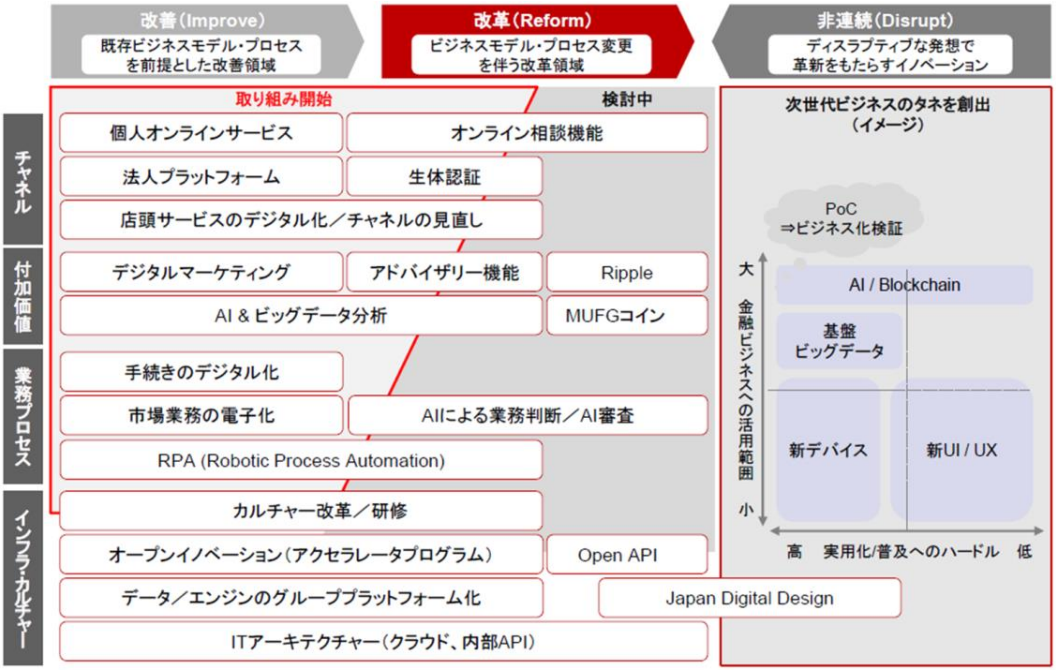
一例を挙げると、日本企業が得意としてきたモノづくりの場合、物理的なモノの視点だけではなく、「優れた設計・性能を生み出す力」、「高度な品質管理とサプライチェーンの体制」、「顧客起点のサービス」等の視点から、自社が提供する無形の価値を分解することが重要である。その上で、これらの分解された要素と先進技術やデータ活用との融合を念頭に置いて、新たな事業を考えていく必要がある。

また、既存のビジネスモデルや業務プロセスを前提に改善や効率化を図る領域と、新たな事業を創出すべく改革を押し進める領域を分けて考えることが重要である。さらに、技術領域、社内システム、人材スキルなどについてキャッチアップすべき部分と積極的にフロンティアを目指す部分を切り分け、自社が勝負する領域を見極めることが重要である（図表 13、14）。

（図表 13）JSR のデジタル変革に向けた取組み

出典：非 IT 企業によるデータサイエンティスト育成分科会 第 1 回会合講演資料
（2017 年 11 月 28 日）

（図表 14）三菱 UFJ フィナンシャル・グループのデジタル変革に向けた取組み



出典：先進技術による新事業創造委員会 第 10 回会合講演資料（2018 年 7 月 24 日）

4-3. 自社における人材育成と企業風土改革に挑む

日本では、IT 企業以外の事業会社内における IT 人材育成が充分に行われておらず、規模と質の両面において課題を抱えている。これを解決していくには、次のような施策に取り組む必要がある。

- 社員全体の IT リテラシーの底上げやスキルトランスファー[32]の促進
- デジタル・ネイティブ世代に対する基礎的なプログラミング教育
- グローバルに通用するビジネススキルに加え、ディープラーニングやデータレイクの構築などコンピュータスキルを合わせ持つ高度専門人材の育成
- ポスドクの有効活用等の人材拡充

こうした課題認識のもと、本委員会は「非 IT 企業によるデータサイエンティスト育成分科会[33]」を設置した。分科会では、非 IT 企業に必要なデータサイエンティストや、その育成のために経営者が果たすべき役割などについて検討を行った。そのプロセスでは、分科会委員の所属企業における実務担当者で構成するワーキンググループ（WG）によるワークショップも行った。

＜検討の結果＞

- データサイエンティストとは、情報科学の知見と技術を事業課題の解決に活用することで、顧客への価値や顧客体験（ユーザーエクスペリエンス）の提供をデザインし、新しい事業モデルを構築・具現化する人材の総称と考える。

- データサイエンティストの報酬水準の高騰や人材獲得競争の激化、また、外部人材は自社事業に関する知識や理解が必ずしも充分ではないこと等を考慮すると、データサイエンティストを社内で育成することの意義は大きい。

- 非 IT 企業においては、参入している市場、事業構造、技術等を俯瞰的に理解している社内人材（特に 20～30 代半ばの若手社員）を、企業内でデータサイエンティストとして育成することが一つの選択肢である。

- データサイエンティスト育成のノウハウを持たない企業にとっては、外部組織の活用や外部労働市場からの採用も視野に入れる。最初のデータサイエンティストとなる人材が社内の伝道者となり、様々な部門で人材の規模と活動範囲を拡大することが重要である。

- 経営者は、トップレベルのデータサイエンティストが生まれる風土の醸成と

---

[32] 若手社員や別の担当者に業務や知識の引継ぎを行う作業。

[33] 分科会活動報告書として、「企業のデジタル変革を加速する -非 IT 企業によるデータサイエンティスト育成の視点から-」（(2018 年 9 月）を会員限りで発表。

組織全体のデジタル変革のスピードの加速化に向けて、次のような施策を実行する必要がある。

- 現場社員に業務におけるデータ活用のインセンティブを付与する。
- デジタル変革の推進組織と事業部門との人材交流や部門間連携強化を図る。
- 社外研修など異業種・異分野との交流機会を提供する。
- 外部人材や組織を仲介者として、経営者と現場社員の問題意識の共有化を図る。
- 経営トップがデータサイエンティストの候補者を早期の段階で選抜し、適切なキャリアパスや評価体系を設計する。
- データサイエンティストがクリエイティブに働ける環境作りや人事・処遇制度の改革を断行する。

● データサイエンティストなどの獲得・育成は言うまでもなく、社内共有データインフラの整備やERP[34]の刷新など、組織のデジタル変革の推進においては、投下資本利益率（ROIC）に代表される一般的な投資基準に依らず、経営資源の大胆な配分が求められる。

企業のデジタル変革には、共通解も近道もない。データサイエンティストの育成についても、各社が注力する事業により多様な方法が考えられる。経営者の強いコミットメントのもと、試行錯誤しながら、改革を主導すべきである。

4-4. 指数関数的な拡張性を備えた事業モデルを設計する（Computational Design）

リージョナライゼーションの特徴である爆発的な速度で不連続に立ち上がる市場のダイナミズムと成長力に対応するためには、指数関数的な拡張性を備えた事業モデルの設計が必要となる。

これには、自社の事業モデルにデジタル技術の特徴である指数関数的な拡張性を組み込むComputational Design（補論参照）の考え方が重要である。

Computational Designを組み込んでいる事業モデルの例としては、スマートフォンを起点としたコンテンツ提供サービスや、既存の業界に破壊的なイノベーションをもたらし、瞬く間に市場シェアを獲得した配車サービスやECサイトなどが挙げられる。

この考え方を事業モデルに組み込んでいるか否かが、一般的なITサービスや

[34] 財務、販売、生産、人事、在庫など、企業の各種基幹業務を統合的、一元的に管理するためのコンピューターシステムやソフトウェア。

ウェブサービスを提供するベンダーとプラットフォーマーを画する大きな差の一つになっていると考えられる。

Computational Design は、米国発祥の新しい概念であり、この考え方を事業モデルに組み込んでいる例は日本企業には見当たらないとされている。しかし、事業に拡張性が必要とされる新規事業の収益化には特に重要な考え方である。

4-5. デジタルマーケティングを活用する（Computational Design の応用）

デジタルマーケティングは、顧客の認知やブランドの確立に欠かせない手段になっている。また、パーソナライゼーションとリージョナライゼーションへの対応はもとより、顧客基盤を持たない市場での事業展開では、Computational Design を市場戦略に応用したデジタルマーケティングが有効と考えられる。

本委員会ではデジタルマーケティングの本質を理解すべく、「デジタルマーケティング分科会[35]」を設置し、活用における具体的な課題や経営者が果たすべき役割などを検討した。分科会では、委員の所属企業における実務担当者で構成する WG のメンバーも含め、デジタルマーケティング活用の事例調査等を行った。

＜検討の結果＞

- 顧客の接触メディアとコミュニケーションの方法は、マスコミからの一方的な情報供給から、パソコンやスマートフォン等の個人の情報端末による情報入手に移行している。
- モノの所有から得られる価値よりも、顧客自身の価値観やライフスタイルに沿った「コト」から得られる価値が重視されるようになっている。
- こうした環境変化の中では、一人ひとりの顧客に訴えかけるインタラクティブなマーケティングが必要となる。
- デジタルマーケティングの本質は、顧客との多様な接点から得られるデータを活用し、顧客毎のニーズに応じた One to One のマーケティングを行うことによって、顧客との長期的な繋がりを築くことにある。
- B２C（Business to Customer）企業のデジタルマーケティングの活用の基本

[35] 先進技術による新事業創造委員会 デジタルマーケティング分科会「企業の成長シナリオを描くために市場戦略の変革をーデジタルマーケティングによる価値創造ー」（2019 年 1 月 25 日）参照。
https://www.doyukai.or.jp/policyproposals/articles/2018/190125a.html

となる取組みとして、以下が挙げられる[36]。

- シームレスな顧客体験の提供：オンライン（EC サイト、SNS 等）とオフライン（実店舗等）を組み合わせて、顧客との多様な接点を作る。
- 顧客との継続的なリレーションの構築：自社メディアを強化するなど、継続的に顧客と双方向でコミュニケーションできる体制を築き上げる。
- ソーシャルメディアを活用した情報の共有と拡散：SNS によるクチコミなどによって、効率的かつ低コストで顧客基盤を拡大する。
- 顧客データに基づくマーケティング戦略の定量化：KPI を設け、広告の投資効果を定量的に把握し、得られた示唆を企業活動に反映する。
- カスタマージャーニー[37]に基づく「個客」接点の強化：顧客の一連の消費行動を個々の顧客の目線で捉え直し、顧客接点の強化や新たなサービスの創出に繋げる。

● Ｂ２Ｂ(Business to Business)企業は、営業面談や展示会での名刺交換によりメールアドレスや職制等の情報を直接入手する機会に恵まれている。よって、CRM[38](Customer Relationship Management)、自社メディア、SNS 等を営業活動に活用するための良質な顧客データベースの構築が比較的容易である。

● デジタルマーケティングは、そのようなデータを駆使して、購買意欲の高い顧客の絞り込みや人的資源の対面商談への集中的な投入を可能とする。

● 経営者がデジタルマーケティングを経営に取入れ、活用を推進するためには、以下の施策を実行する必要がある。

- 一貫性を持ったマーケティング戦略が立案・実行されるように、企業の全部門が協業体制を敷ける組織をデザインする。
- マーケティング投資の効果を定量的に評価できる KPI を設定し、現場社員と共有する。
- アジャイルな組織や失敗を容認する文化を醸成し、デジタルマーケティング活用の推進に必要な人材を育成・確保する。
- 共通データ基盤の構築やウェブサイトの整備等への投資を進める。
- サイロ化しているデータの一元化を図る。
- プロファイリング技術に対する顧客保護の視点を徹底する。

---

[36] 活用事例については、デジタルマーケティング分科会活動報告書の第３章「デジタルマーケティングの本質」を参照。

[37] 製品・サービスの認知、検討、推奨、購入、アフターサービスなど、顧客が購買に至るまでの行動や意識の時系列変化を仮説の過程として表したもの。

[38] 顧客満足度と顧客ロイヤルティの向上を通して、売上の拡大と収益性の向上を目指すための顧客情報管理、顧客関係構築のこと。

4-6.「オールジャパン」から脱却しグローバルに連携する

企業のデジタル変革では、外部との連携が不可欠である。世界中で技術革新が競われる中では、デジタル変革に国内技術のみを活用する「オールジャパン」の発想からは脱却すべきである。中国、米国、欧州、インドなど、先進技術を巡る競争において鎬を削る国や地域の企業との強かな連携を、各企業の経営者が主体となって推進していくことが求められる。

グローバルな競争力を有する分野でのスケールメリットを獲得すべく事業の合従連衡を加速させながら、日本企業が豊富に保有するリアルデータを武器に、多様なプラットフォーマーと巧みに連携することも戦略の一つである。よって、必ずしもすべての企業がプラットフォーマーになることを追い求める必要はない。

もちろん、プラットフォーマーに単にデータを提供するという状況に陥ることを避けるためには、慎重なビジネスモデルの設計が必要である。しかし、企業には、データアーキテクチャの設計、データの構造化や外部連携基盤等の構築を進め、自社が保有するデータと提携企業のデータを上手く活用し、無形の価値を効率的に創出することが求められる。

4-7. 既存の枠を越えたエコシステムを発展させる

業界などの既存の枠を越えて、自社の人材が国内外の企業等の多様な人材と交流できる機会を作ることも経営者の役割の一つである。

今後は、様々な先進技術の動向や専門家の知見を共有し、同様の課題を持つ者同士が互いに切磋琢磨しながら行動を起こす場づくりが一層重要になる。多様な経営者が個人の資格で参加する経済同友会は、既存の枠を越えた人材交流を活性化させる場としての機能を有している。この特徴を活かし、デジタル変革に応じたエコシステム構築のきっかけを作ることが考えられる。

また、東京という都市は、経済規模の大きい世界の大都市と比較してもヒト、モノ、カネ、情報の集積度が高く、産業インフラストラクチャーが整備されている。2020 年に開催される東京オリンピック・パラリンピックでは日本企業の先進技術の実装・活用例を世界中に発信し、日本という社会や市場の魅力をアピールすることが重要である。これにより、世界の多様な人材と技術の交流拠点としての東京の価値がさらに高まることを期待したい。

おわりに

本報告書では、産業構造における新たな潮流の一つであるパーソナライゼーションへの対応が価値創造において重要であることを述べた。先進技術を活かした高度なデータ活用により、パーソナライゼーションの潮流は、企業が提供するモノ・サービスに留まらず、より公共性の高いサービスにも変革を起こしつつある。

以下では、本報告書の結びに代えて、今後の課題の一つである、社会のあり方を変革するデータ活用の視座を持った事業創造について述べたい。

パーソナライゼーションが公共サービスにも及んでいる一つの例が本報告書でも触れた「MaaS (Mobility as a Service)」である。MaaS では、公共交通機関、タクシー等の移動手段を統合し、状況に応じてユーザーにとって最適な移動サービスを提供する。これにより、個人の利便性の向上はもちろん、都市の渋滞解消、自家用車の利用減少による排気ガスの削減、公共交通機関の運営効率の向上などの効果が期待される[39]。

MaaS を実現するには、複数の企業や行政組織が保有するデータの共有・活用（オープンデータ）が必要である。つまり、個別の企業や行政組織がデータを囲い込むのではなく、データの公共性を高めることが、より自由で快適な移動、社会全体の効率性向上を実現する。

しかし、オープンデータを前提とするサービスでは、常に個人のプライバシーの問題への対応が必要である。また、データが価値創造における資源として重視される中で、複数の企業間や官民におけるデータ共有を進めるには時間を要すると考えられる。

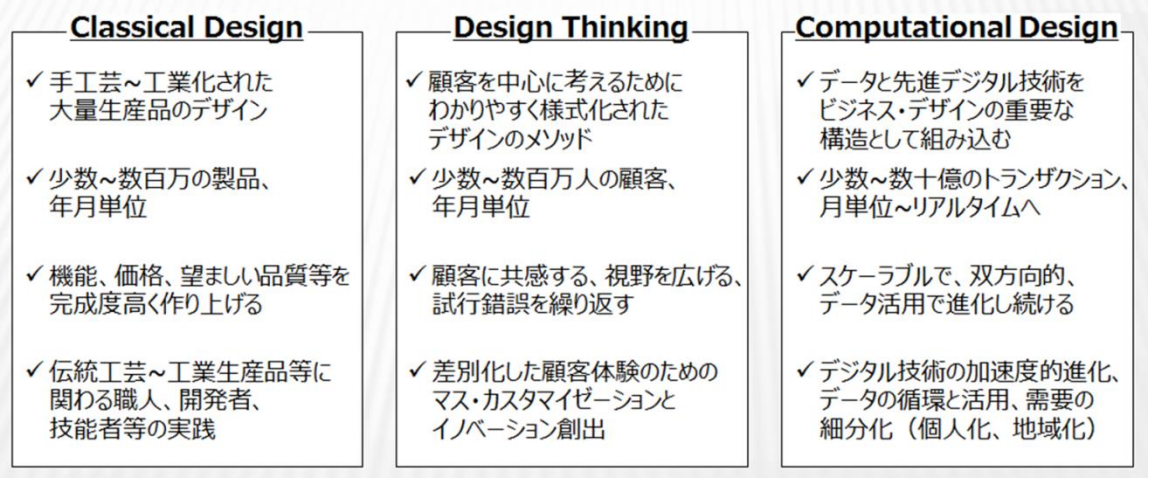
こうした課題があるものの、世界では、MaaS のプラットフォームの構築を巡る競争が加速しつつある。公共性の高いサービスを担うプラットフォーマーが、上記のような課題に対する最適解を得て、大きな事業規模を実現することは、先進技術による事業創造の新たな次元を拓くことにもなる。

また、本例は、先進技術を社会課題の解決に活用することが、新事業の創造やその規模の拡大においても重要であることを示唆していると考えられる。

以上

[39] 総務省「次世代の交通 MaaS」参照。
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin02_04000045.html

補論. Computational Design について



出典：ジョン・マエダ “2018 Design in Tech report”、Hasso Platner “An introduction to Design Thinking”を基に JSR 作成

ここで言う「デザイン」には視覚的美観だけではなく、製品・サービスや事業モデルの企画設計まで幅広い意味合いを持つ。古典的デザインにおいては専門的な技能者による製品設計と作り込みの意味合いが強かった（例：服飾、家具、自動車、家電、広告等）。

2000 年代半ば以降、徹底的に顧客視点を中心にして課題を考え、試行錯誤の反復により課題解決に取り組む、デザイン・シンキングの活用が幅広く浸透している（例：徹底的な利便性とスムーズな使いやすさを追求した携帯型デジタル音楽プレーヤーや、ゲームのあり方を家族の視点から再考した「家庭用ゲーム機」）。

Computational Design とは、デザイン・シンキングを踏まえつつ、AI・ビッグデータ・IoT 等の先進デジタル技術の加速的進化を念頭に、迅速な潜在顧客獲得、事業拡大、顧客体験の継続的発展を可能にすべく、デジタル技術が持つ指数関数的な拡張性と機動性を当初から事業デザインに組み込む考え方である。

先進技術による新事業創造委員会　活動状況一覧

会合	開催日	講師	演題
第１回	2017/9/14	Scripps Translational Science Institute Chief Digital Officer, Donald Jones 氏	講演：Digital Medicine（デジタルヘルス） 討議：2017 年度の委員会運営について
第２回	2017/10/10	Mobileye CEO 兼 CTO, Intel, Senior Vice President, Amnon Shashua 氏	Autonomous Vehicles and Artificial Intelligence: on Achieving a Safe and Scalable Platform
第３回	2017/11/21	東京大学政策ビジョン研究センター シニアリサーチャー　小川　紘一　氏	いま世界のインダストリーで何が起きているか-IoT 時代に向けたデータ活用型新事業の創造に向けて-
第４回	2017/12/4	Enthought, Chief Executive Officer, Eric Jones 氏	Corporate Digital Transformation
第５回	2018/1/24	日本ユニシス　取締役社長 平岡　昭良　氏	先端テクノロジーの現場から ～日本でのロボティクス・AI の適用事例を通して～
第６回	2018/2/14	川崎重工業　常務執行役員 ロボットビジネスセンター長　橋本　康彦　氏	ロボットと共存する日本の将来社会に向けて ―高齢化社会に向けて必要なロボット―
第７回	2018/3/14	公立はこだて未来大学　複雑系知能学科 教授　松原　仁　氏	われわれは賢くなった人工知能とどう付き合っていくべきか
第８回	2018/5/15	Cambridge Quantum Computing, Director 兼 CEO, Ilyas Khan 氏	The Quantum Impact （量子コンピュータ）
第９回	2018/6/29	米国コロラド州立大学 バイオメディカルサイエンス部 准教授 Tod Robert Clapp 氏	Inner Body Tour （医療 VR）
第 10 回	2018/7/24	三菱 UFJ 銀行 シニアフェロー デジタル企画部部長 三菱 UFJ フィナンシャル・グループ デジタル企画部部長　相原　寛史　氏	講演：情報技術の活用による金融サービスの変化 討議：非 IT 企業によるデータサイエンティスト育成分科会活動報告案について
第 11 回	2018/9/21	広島大学　感性イノベーション研究推進機構 機構長　農沢　隆秀　氏	脳科学に基づく感性イノベーションとモノづくり ～感性豊かな社会を目指して～
第 12 回	2018/10/18	東京工業大学　生命理工学院 准教授　相澤　康則　氏	日本がまだ知らないバイオテクノロジーの新潮流
第 13 回	2018/12/14	討議：①先進技術による新事業創造委員会報告書骨子案について ②デジタルマーケティング会活動報告案について	
第 14 回	2019/1/17	Carbon, CEO 兼共同創業者 Joseph M. DeSimone 氏	Digital Light Synthesis 技術がアディティブマニュファクチャリングを変革する　～ハードウェア、ソフトウェア、分子科学の交わるところ
第 15 回	2019/1/29	討議：先進技術による新事業創造委員会報告書案について	

2019 年 3 月現在

先進技術による新事業創造委員会　名簿

（敬称略）

委員長

程　　近　智	（アクセンチュア　相談役）
小　柴　満　信	（ＪＳＲ　取締役社長）

副委員長

石　黒　不二代	（ネットイヤーグループ　取締役社長 兼 ＣＥＯ）
岩　本　祐　一	（コマツ　専務執行役員ＣＴＯ）
下　野　雅　承	（日本アイ・ビー・エム　取締役副会長）
田　中　豊　人	（アリババ　代表執行役員副社長）
平　野　拓　也	（日本マイクロソフト　取締役 社長）
宮　坂　　学	（ヤフー　取締役会長）

委員

青　木　　寧	（花王　常務執行役員）
吾　郷　康　人	（山九　取締役副社長）
浅　井　勇　介	（シティグループ証券　）
朝　倉　陽　保	（丸の内キャピタル　取締役社長）
浅　沼　章　之	（淺沼組　執行役員）
浅　野　敏　雄	（旭化成　常任相談役）
麻　生　修　司	（富士ゼロックス　執行役員）
荒　木　秀　文	（太陽工業　取締役社長）
有　田　喜一郎	（群栄化学工業　取締役 社長執行役員）
有　田　浩　之	（ブラックロック・ジャパン　取締役社長）
有　田　礼　二	（東京海上日動火災保険　執行役員）
飯　嶋　寿　光	（アイング　取締役副社長）
飯　塚　哲　哉	（ザインエレクトロニクス　取締役会長）
飯　豊　　聡	（損害保険ジャパン日本興亜　取締役専務執行役員）
諫　山　　滋	（三井化学　監査役）
石　井　健太郎	（石井食品　会長）
石　黒　　徹	（森・濱田松本法律事務所　パートナー）
石　田　　茂	（電通　執行役員）
石　田　建　昭	（東海東京フィナンシャル・ホールディングス　取締役社長 最高経営責任者）
石　田　康　明	（東京スター銀行　代表執行役常務）
石　橋　さゆみ	（ユニフロー　取締役社長）
石　村　和　彦	（ＡＧＣ　取締役会長）
伊　藤　清　彦	（龍谷大学 東京オフィス　渉外顧問）
伊　藤　久　徳	（中部電力　執行役員）

伊　藤　秀　俊　　（ボンジュレックス　取締役社長）
伊　藤　文　子　　（イトーキ　参与）
伊　東　　裕　　（全日本空輸　取締役常務執行役員）
井　上　　哲　　（フィリップ モリス ジャパン　職務執行役 副社長）
井　上　智　治　　（井上ビジネスコンサルタンツ　代表取締役）
井　上　広　樹　　（長島・大野・常松法律事務所　マネージング・パートナー）
井　上　正　明　　（ポピンズ　取締役副社長執行役員）
井　上　ゆかり　　（日本ケロッグ　代表職務執行者社長）
今　井　俊　哉　　（ＰｗＣコンサルティング　副代表執行役）
入　江　仁　之　　（アイ＆カンパニー　取締役社長）
岩　崎　俊　博　　（野村資本市場研究所　顧問）
岩　田　彰一郎　　（アスクル　取締役社長兼ＣＥＯ）
岩　本　修　司　　（構造計画研究所　執行役員）
植　木　英　次　　（ＮＴＴデータ　顧問）
植　木　義　晴　　（日本航空　取締役会長）
上　島　健　史　　（みらい證券　取締役社長）
上　野　幹　夫　　（中外製薬　取締役副会長）
植　村　浩　典　　（ユー・エム・アイ　取締役社長）
宇　治　則　孝　　（第一三共／横河電機　社外取締役）
臼　井　　努　　（京西テクノス　取締役社長）
内　田　士　郎　　（ＳＡＰジャパン　取締役会長）
内　永　ゆか子　　（Ｊ－Ｗｉｎ　理事長）
内　山　英　世　　（朝日税理士法人　顧問）
海　野　　忍　　（ＮＴＴコムウェア　相談役）
浦　上　　彰　　（リョービ　取締役社長）
浦　田　晴　之　　（オリックス銀行　取締役社長）
浦　山　一　紀　　（日立物流ソフトウェア　取締役社長）
江　川　昌　史　　（アクセンチュア　取締役社長）
江　川　健太郎　　（日本電設工業　取締役会長）
遠　藤　直　紀　　（ビービット　代表取締役）
遠　藤　元　一　　（東日本高速道路　取締役兼副社長執行役員）
及　川　健一郎　　（丸紅　執行役員）
大　石　英　生　　（日本政策投資銀行　設備投資研究所長）
大　江　　匡　　（プランテックアソシエイツ　取締役会長兼社長）
大　岡　　哲　　（大岡記念財団　理事長）
大　賀　昭　雄　　（東通産業　取締役社長）
大　川　澄　人　　（ＡＮＡホールディングス　常勤監査役）
大　古　俊　輔　　（アンシス・ジャパン　代表取締役）
大　塚　俊　彦　　（ＥＭＣジャパン　取締役社長）

大　西　　賢	（日本航空　特別理事）
大　橋　光　博	（ＭＲＩ　代表取締役）
大　森　京　太	（三菱総合研究所　取締役会長）
大　森　美　和	（バンク・オブ・アメリカ・エヌ・エイ東京支店　日本における代表者 東京支店長）
岡　田　　誠	（東京海上ホールディングス　専務取締役）
岡　本　　潮	（東急コミュニティー　取締役会長）
奥　村　洋　治	（フジタ　取締役社長）
尾　崎　弘　之	（パワーソリューションズ　取締役）
小　野　俊　彦	（お茶の水女子大学　学長特別顧問）
小　野　　傑	（西村あさひ法律事務所　代表パートナー）
織　畠　潤　一	（ソマール　顧問）
海　堀　周　造	（横河電機　アドバイザー）
柿　崎　昭　裕	（きらぼし銀行　相談役）
柿　本　寿　明	（日本総合研究所　シニアフェロー）
鹿　毛　雄　二	（ブラックストーン・グループ・ジャパン　特別顧問）
鹿　島　　章	（ＰｗＣコンサルティング　代表執行役会長）
加　藤　　奐	（京王電鉄　相談役）
加　茂　正　治	（ﾏｯｷﾝｾﾞｰ･ｱﾝﾄﾞ･ｶﾝﾊﾟﾆｰ･ｲﾝｺｰﾎﾟﾚｲﾃｯﾄﾞ･ｼﾞｬﾊﾟﾝ　パートナー）
鴨　居　達　哉	（マーサージャパン　取締役社長）
河　合　輝　欣	（ASP・SaaS・IoT クラウド コンソーシアム　会長）
河　合　良　秋	（キャピタル アドバイザーズ グループ　議長）
川　上　登　福	（経営共創基盤　パートナー・取締役マネージングディレクター）
川　崎　弘　一	（ＪＳＲ　取締役専務執行役員）
河　田　正　也	（日清紡ホールディングス　取締役社長）
川　名　浩　一	（日揮　副会長）
河　原　茂　晴	（河原アソシエイツ　代表 公認会計士（日本ならびに米国））
川　原　秀　仁	（山下ＰＭＣ　取締役社長 社長執行役員）
川　村　喜　久	（ＤＩＣグラフィックス　取締役会長）
川　本　正一郎	（三井不動産　専務執行役員）
菊　地　麻緒子	（三井倉庫ホールディングス　常勤社外監査役）
菊　地　義　典	（菊地歯車　取締役社長）
北　地　達　明	（有限責任監査法人トーマツ　パートナー）
北　原　義　一	（三井不動産　取締役副社長執行役員）
鬼　頭　誠　司	（ニッセイ情報テクノロジー　取締役社長）
木　村　尚　敬	（経営共創基盤　パートナー・取締役マネージングディレクター）
木　村　廣　道	（ＦＴＩイノベーションズ　取締役社長）
桐　谷　重　毅	（ゴールドマン・サックス・アセット・マネジメント　取締役社長）
桐　原　敏　郎	（日本テクニカルシステム　取締役社長）
桐　山　　浩	（コスモエネルギーホールディングス　取締役社長）

日　下　一　正	（国際経済交流財団　会長）
楠　原　　茂	（みさき投資　取締役ＣＦＯ）
熊　谷　亮　丸	（大和総研　常務取締役）
栗　島　　聡	（ＮＴＴコムウェア　取締役社長）
栗　原　　博	（富士ゼロックス　特別顧問）
栗　原　美津枝	（日本政策投資銀行　常勤監査役）
栗　山　和　也	（コマツ　執行役員）
黒　田　康　裕	（コクヨ　取締役副会長）
桑　原　茂　裕	（アフラック生命保険　シニアアドバイザー）
剣　持　　忠	（メンバーズ　取締役社長）
小　泉　周　一	（千代田商事　取締役会長）
小　路　明　善	（アサヒグループホールディングス　取締役社長 兼 ＣＥＯ）
高　乗　正　行	（チップワンストップ　取締役社長）
幸　田　博　人	（One Tap BUY　取締役）
神　津　多可思	（リコー　執行役員）
腰　髙　　博	（コシダカホールディングス　取締役社長）
小　林　惠　智	（ヒューマンサイエンス研究所　理事長）
小　林　洋　子	（ＮＴＴコミュニケーションズ　監査役）
近　藤　康　之	（不二熱学工業　取締役社長）
斉　藤　　剛	（みさき投資　チーフ・ディベロップメント・オフィサー）
齋　藤　洋　平	（フューチャー　取締役ＣＴＯ）
酒　井　重　人	（グッゲンハイム パートナーズ　取締役社長）
境　　米　夫	（ヒルズ・コンサルティング　代表取締役）
坂　口　英　治	（シービーアールイー　取締役社長兼ＣＥＯ）
坂　下　智　保	（富士ソフト　取締役社長執行役員）
坂　本　好　之	（住友商事　執行役員）
佐々木　経　世	（イーソリューションズ　取締役社長）
佐々木　正　人	（竹中工務店　取締役専務執行役員）
佐　藤　　葵	（ジェムコ日本経営　取締役社長）
佐　藤　大　央	（夢真ホールディングス　取締役社長）
澤　野　正　明	（シティユーワ法律事務所　シニアパートナー）
椎　野　孝　雄	（キューブシステム　取締役（社外））
塩　見　圭　吾	（住友商事　執行役員）
塩　見　　勝	（住友商事　執行役員）
志　賀　俊　之	（日産自動車　取締役）
島　田　太　郎	（東芝　ｺｰﾎﾟﾚｰﾄﾃﾞｼﾞﾀﾙ事業責任者 ﾁｰﾌｽﾄﾗﾃｼﾞｰｵﾌｨｻｰ）
島　田　俊　夫	（CAC Holdings　取締役会長）
清　水　新一郎	（日本航空　取締役常務執行役員）
清　水　　弘	（アーサー・Ｄ・リトル・ジャパン　シニア・アドバイザー）

首　藤　　透	（ＡＩＧジャパン・ホールディングス　執行役員）
白　井　　均	（日立総合計画研究所　取締役社長）
白　井　芳　夫	（フジクラ　取締役）
新　芝　宏　之	（岡三証券グループ　取締役社長）
菅　田　史　朗	（ウシオ電機　特別顧問）
菅　原　郁　郎	（トヨタ自動車　取締役）
杉　浦　英　夫	（ジェンパクト　取締役）
杉　野　尚　志	（レイヤーズ・コンサルティング　代表取締役ＣＥＯ）
杉　原　博　茂	（デジタルエイド　取締役社長　ＣＥＯ）
杉　本　文　秀	（長島・大野・常松法律事務所　マネージング・パートナー）
杉　本　　眞	（レシップホールディングス　取締役社長）
杉　山　恒太郎	（ライトパブリシティ　取締役社長）
鈴　木　国　正	（インテル　取締役社長）
鈴　木　孝　男	（日本立地センター　理事長）
須　田　修　弘	（ＢＡＳＦジャパン　取締役副社長）
須之部　　潔	（住友商事　常務執行役員）
住　谷　　貢	（アクサ生命保険　取締役執行役兼ＣＦＯ）
清　島　隆　之	（住友商事　執行役員）
錢　高　一　善	（錢高組　取締役会長）
錢　高　丈　善	（錢高組　取締役常務役員）
錢　高　久　善	（錢高組　取締役社長）
曽　谷　　太	（ソマール　取締役社長）
反　町　浩一郎	（日本ＣＡ　取締役社長）
髙　島　幸　一	（高島　取締役社長）
髙　島　征　二	（協和エクシオ　名誉顧問）
高　橋　秀　行	（ステート・ストリート信託銀行　取締役会長）
髙　橋　秀　行	（みずほ総合研究所　取締役社長）
高　畑　　勲	（インフィニオンテクノロジーズジャパン　取締役最高財務責任者）
田久保　善　彦	（グロービス経営大学院大学　常務理事）
武　田　信　二	（東京放送ホールディングス　取締役会長）
多　田　荘一郎	（ＧＥヘルスケア・ジャパン　取締役社長兼CEO）
多　田　雅　之	（アルファパーチェス　取締役社長兼ＣＥＯ）
多　田　幸　雄	（双日総合研究所　相談役）
伊　達　美和子	（森トラスト　取締役社長）
田　中　一　行	（日立化成　取締役会長）
田　中　　廣	（タナチョー　取締役社長）
田　中　　豊	（アートグリーン　取締役社長）
谷　川　史　郎	（ＨＲソリューションズ　特別顧問）
田　沼　千　秋	（グリーンハウス　取締役社長）

種　橋　牧　夫	（東京建物　取締役会長執行役員）
玉　川　雅　之	（工学院大学　常務理事）
玉　塚　元　一	（デジタルハーツホールディングス　取締役社長　ＣＥＯ）
田　村　修　二	（日本貨物鉄道　取締役会長兼会長執行役員）
田　村　良　明	（ＡＧＣ　エグゼクティブ･フェロー）
淡　輪　敬　三	（ビービット　顧問）
ｱﾝﾄﾞﾚｱｽ・ﾖﾊﾈｽ・ﾀﾞﾝﾈﾝﾊﾞｰｸﾞ	（アド・メディア　取締役社長）
近　浪　弘　武	（日本コンベンションサービス　取締役社長）
津　上　晃　寿	（キヤノントッキ　取締役会長兼ＣＥＯ）
塚　本　　恵	（キャタピラージャパン　代表執行役員）
月　原　紘　一	（三井住友カード　顧問）
辻　　幸　一	（ＥＹ新日本有限責任監査法人　理事長）
土　屋　達　朗	（フジタ　取締役副社長）
手　納　美　枝	（アカシアジャパン･デルタポイント　代表取締役）
豊　沢　泰　人	（ファイザーヘルスリサーチ振興財団　常務理事）
鳥　海　智　絵	（野村證券　専務執行役員）
内　藤　隆　明	（縄文アソシエイツ　取締役社長）
中　島　昭　広	（ネスレ日本　ﾈｽﾚﾍﾙｽｻｲｴﾝｽｶﾝﾊﾟﾆｰ ｶﾝﾊﾟﾆｰﾌﾟﾚｼﾞﾃﾞﾝﾄ）
長　島　　聡	（ローランド・ベルガー　取締役社長）
中　島　基　善	（ナカシマホールディングス　取締役社長）
中　島　好　美	（ヤマハ　取締役）
長　瀬　玲　二	（長瀬産業　取締役副会長）
中　谷　　昇	（ジャステック　取締役社長）
中　谷　康　夫	（日立物流　執行役社長兼取締役）
中　塚　晃　章	（ジヤトコ　取締役社長兼最高経営責任者）
中　冨　一　郎	（ナノキャリア　取締役社長）
中　西　孝　平	（海外投融資情報財団　理事長）
中　野　　裕	（日本ＡＴＭ　取締役社長）
中　野　宏　信	（ｼﾃｨｯｸ･ｷｬﾋﾟﾀﾙ･ﾊﾟｰﾄﾅｰｽﾞ･ｼﾞｬﾊﾟﾝ･ﾘﾐﾃｯﾄﾞ　日本代表兼マネージングパートナー）
長　久　　厚	（ＤＮＡパートナーズ　代表社員）
永　久　幸　範	（ﾌﾞﾗｳﾝ･ﾌﾞﾗｻﾞｰｽﾞ･ﾊﾘﾏﾝ･ｲﾝﾍﾞｽﾄﾒﾝﾄ･ｻｰﾋﾞｽ　代表取締役）
中　防　　保	（レイヤーズ・コンサルティング　代表取締役ＣＯＯ）
中　村　彰　利	（アスパラントグループ　取締役社長）
中　村　善　二	（ＵＢＳ証券　取締役社長）
中　村　正　己	（日本能率協会　会長）
楢　﨑　浩　一	（ＳＯＭＰＯホールディングス　グループＣＤＯ常務執行役員）
新　倉　恵里子	（東和エンジニアリング　取締役社長）
西　澤　敬　二	（損害保険ジャパン日本興亜　取締役社長）
能　見　公　一	（ジェイ・ウィル・コーポレーション　顧問）

野　田　由美子	（ヴェオリア・ジャパン　取締役社長）
信　井　文　夫	（映像新聞社　取締役会長）
野　村　俊　明	（安藤・間　取締役副会長）
芳　賀　　敏	（住友商事　執行役員）
長谷川　　隆	（日本能率協会マネジメントセンター　取締役会長）
畑　川　高　志	（リバフェルド　代表取締役）
八　馬　史　尚	（Ｊ−オイルミルズ　取締役社長執行役員）
濱　口　敏　行	（ヒゲタ醤油　取締役社長）
浜　島　健　爾	（ウシオ電機　取締役社長）
林　　明　夫	（開倫塾　取締役社長）
林　　信　秀	（みずほ銀行　取締役会長）
林　　信　光	（国際協力銀行　取締役副総裁）
林　　康　雄	（鉄建建設　取締役会長）
林　　由紀夫	（ダイキン工業　顧問）
原　田　明　久	（ファイザー　取締役社長）
半　田　純　一	（マネジメント・ウィズダム・パートナーズ・ジャパン　取締役社長）
東　田　幸　樹	（日本レジストリサービス　取締役社長）
東　野　博　一	（住友商事　執行役員）
樋　口　智　一	（ヤマダイ食品　取締役社長）
平　井　康　文	（楽天　副社長執行役員）
平　岡　昭　良	（日本ユニシス　取締役社長）
平　手　晴　彦	（武田薬品工業　コーポレート・オフィサー）
平　野　英　治	（メットライフ生命保険　取締役 副会長）
平　野　圭　一	（アクティヴィ　代表取締役ＣＥＯ）
平　野　大　介	（マイスターエンジニアリング　取締役社長）
平　野　哲　行	（平野デザイン設計　取締役社長）
平　山　泰　行	（りそな銀行　取締役副社長兼執行役員）
廣　澤　孝　夫	（日本自動車査定協会　理事長）
広　瀬　道　明	（東京ガス　取締役会長）
廣　瀬　雄二郎	（日本情報通信　取締役社長）
廣　渡　嘉　秀	（ＡＧＳコンサルティング　取締役社長）
深　澤　恒　一	（セガサミーホールディングス　常務取締役グループＣＦＯ）
福　井　英　治	（オー・ジー　取締役社長）
福　田　　誠	（あおぞら銀行　取締役会長）
藤　岡　　誠	（新化学技術推進協会　専務理事）
藤　崎　清　孝	（オークネット　取締役社長）
藤　重　貞　慶	（ライオン　相談役）
藤　本　昌　義	（双日　取締役社長）
藤　本　幸　弘	（シティユーワ法律事務所　シニアパートナー）

藤　原　　浩	（コダック・ジャパン　代表執行役員社長）
布　施　達　朗	（セコム　常務取締役）
古　川　紘　一	（わらべや日洋ホールディングス　社外取締役）
古　河　建　規	（ＳＯＬＩＺＥ　取締役会長）
古　橋　和　好	（ウェルビーイング研究所　代表）
降　籏　洋　平	（日本信号　取締役会長）
堀　　義　人	（グロービス　ｸﾞﾛｰﾋﾞｽ経営大学院学長、ｸﾞﾛｰﾋﾞｽｷｬﾋﾟﾀﾙﾊﾟｰﾄﾅｰｽﾞ代表ﾊﾟｰﾄﾅｰ）
堀　江　章　子	（アクセンチュア　執行役員）
堀　切　功　章	（キッコーマン　取締役社長ＣＥＯ）
本　城　正　哉	（住友生命保険　取締役（常勤監査委員））
本　田　英　一	（日本生活協同組合連合会　代表理事会長）
本　間　　洋	（ＮＴＴデータ　取締役社長）
前　田　栄　治	（日本銀行　理事）
牧　　貞　夫	（ＮＴＴ都市開発　相談役）
益　戸　宣　彦	（ＧＣＡ　統括執行役員 マネージングディレクター）
増　山　美　佳	（増山 ＆Ｃｏｍｐａｎｙ　代表）
松　井　敏　浩	（大和証券グループ本社　取締役 兼 代表執行役副社長）
松　江　英　夫	（デロイト トーマツ コンサルティング　パートナー）
松　﨑　正　年	（コニカミノルタ　取締役会議長）
松　島　訓　弘	
松　林　知　史	（ティルフ・マネジメント　代表）
松　本　　順	（みちのりホールディングス　代表取締役グループＣＥＯ）
丸　山　治　昭	（ＡＳＪ　取締役会長兼社長）
三　木　泰　雄	（ヴイエムウェア　取締役会長）
水　井　　聡	（双日　顧問）
水　留　浩　一	（スシローグローバルホールディングス　取締役社長 ＣＥＯ）
三津家　正　之	（田辺三菱製薬　取締役社長）
宮　内　淑　子	（ワイ・ネット　取締役社長）
宮　下　永　二	（フェリック　代表取締役）
宮　原　幸一郎	（東京証券取引所　取締役社長）
宮　本　潤　二	（東鉄工業　取締役専務執行役員）
向　井　宏　之	（トランスコスモス　副社長執行役員）
武　藤　　潤	（ＪＸＴＧホールディングス　取締役副社長執行役員）
村　津　憲　一	（テー・オー・ダブリュー　専務取締役兼執行役員）
望　月　　淳	（浜銀ファイナンス　取締役会長）
森　　公　高	（日本公認会計士協会　相談役）
森　　健	（プログビズ　代表取締役）
森　　哲　也	（日栄国際特許事務所　弁理士・学術博士・会長）
森　川　　智	（ヤマト科学　取締役社長）

森　川　徹　治　　（アバント　取締役社長）
森　田　　均　　（ノースアイランド　常任顧問）
八　木　洋　介　　（ＩＣＭＧ　取締役）
矢　口　秀　雄　　（スカイマーク　専務取締役）
矢　島　良　司　　（第一生命経済研究所　取締役会長）
安　田　育　生　　（ピナクル　取締役会長兼社長兼ＣＥＯ）
安　田　結　子　　（ラッセル・レイノルズ・アソシエイツ　マネージング・ディレクター）
簗　田　　稔　　（コア　アドバイザリーフェロー）
山　内　雅　喜　　（ヤマトホールディングス　取締役社長）
山　川　隆　義　　（ドリームインキュベータ　取締役社長）
山　添　　茂　　（丸紅　副会長）
山　田　　哲　　（ジェイ・トップ　取締役社長）
山　田　英　司　　（日本電子計算　取締役社長）
山　田　匡　通　　（イトーキ　取締役会長）
山　田　メユミ　　（アイスタイル　取締役）
山　中　一　郎　　（朝日税理士法人　代表社員）
湯　川　英　明　　（ＣＯ２資源化研究所　代表取締役ＣＥＯ）
横　井　靖　彦　　（豊田通商　顧問）
吉　川　　淳　　（野村不動産ホールディングス　取締役会長）
吉　田　憲一郎　　（ソニー　取締役 代表執行役 社長 兼 ＣＥＯ）
吉　松　徹　郎　　（アイスタイル　取締役社長兼ＣＥＯ）
吉　丸　由紀子　　（積水ハウス　取締役）
吉　本　和　彦　　（地方公共団体情報システム機構　理事長）
米　田　　隆　　（ＴＭＩ総合法律事務所　弁護士）
若　山　健　彦　　（ミナトホールディングス　取締役社長）
湧　永　寛　仁　　（湧永製薬　取締役社長）
渡　部　一　文　　（アマゾンジャパン　バイスプレジデント）
渡　部　賢　一　　（野村ホールディングス　名誉顧問）
渡　邉　健太郎　　（エコラボ　代表執行役員社長）
渡　邊　達　雄　　（シグマクシス　マネージングディレクター）
渡　部　憲　裕　　（裕正会　理事長）
渡　辺　博　文　　（辻・本郷　ＩＴコンサルティング　取締役社長）

以上337名

事務局

宮　崎　喜久代　　（経済同友会　政策調査部　グループ・マネジャー）
西　　弘　敏　　（経済同友会　政策調査部　マネジャー）