

なぜすべての組織で必要なのか

# AR戦略： 拡張現実の並外れた可能性

戦略論の大家であるマイケル E. ポーターはこれまでも、技術と戦略についてさまざまに論じてきた。3年前のIoT（モノのインターネット）と戦略をめぐる論文も話題を集めたが、今回AR（Augmented Reality：拡張現実）に焦点を当てる。デジタルのデータやイメージを物理世界に重ね合わせるこの技術群は、デジタルとリアルの世界の隔たりを縮め、いまだ開拓されていない人間の能力を引き出す。本稿ではARの本質、進化するその関連技術と応用形態、ARが極めて重要である理由を解説する。



ハーバード大学 ユニバーシティ・プロフェッサー  
**マイケル E. ポーター**  
Michael E. Porter

PTC 社長兼CEO

**ジェームズ E. ヘッブルマン**  
James E. Heppelmann

有賀裕子／訳

"Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy," HBR, November-December 2017.  
©2017 Harvard Business School Publishing Corporation.

ILLUSTRATION: Michael Batura/Bully! Entertainment

# WHY EVERY ORGANIZATION NEEDS AN AUGMENTED REALITY STRATEGY



## ARを体験する

- 1 | HBR Augmented Reality (AR) アプリを、アップストア (iOS用) またはグーグル・プレイ (Android用) からダウンロードする (無償)。
- 2 | アプリを開いてデバイスをこのページ上にかざし、AR体験を起動する。

## 大きな影響を及ぼしつつある AR

我々が入手できる膨大なデジタルデータと、その応用先である物理世界との間には、根本的な隔たりがある。現実世界が三次元であるのに対して、判断や行動の参考にする膨大なデータは依然として、二次元のページや画面にくくり付けられている。現実世界とデジタル世界のこの隔たりのせいで、世界に数十億個もある接続機能を持つスマート製品（SCP: Smart Connected Product）が続々と生まみ出す情報や知見を、十分に活用できずにいるのだ。

拡張現実（AR: Augmented Reality）、すなわちデジタルのデータやイメージを物理世界に重ね合わせる技術群は、この隔たりを縮めて、いまだ開拓されていない人間ならではの能力を、確実に引き出すだろう。ARは依然として揺籃期にあるが、主流技術の仲間入りを、いまかいまかどうかっている。ある推計によれば、AR技術への支出は二〇二〇年には六〇〇億ドルに達する。ARはあらゆる業界の企業および大学や社会的企業など多様な組織に、影響を及ぼすだろう。

また今後、我々の学習、意思決定、物理世界との相互作用を変革すると考えられる。合わせて、企業の顧客サービス、従業員研修、製品の設計や製造、バリューチェーンの管理、

そして最終的には競争状況まで変えるだろう。本稿ではARの本質、進化するその関連技術と応用形態、ARが極めて重要である理由を説いていく。SCPの急増とともに、ARの重要性も飛躍的に高まるはずである。なぜならARは、SCPの持つ、価値を創造し競争のあり方を変える力を増大させるからだ。ARは人間と機械の新たなインターフェースとしての役割を担い、デジタル世界と物理世界を橋渡しするだろう。

どう展開していくかという課題は残るものの、アマゾン・ドットコム、フェイスブック、ゼネラル・エレクトロニクス（GE）、メイヨー・クリニック、米国海軍といった先駆的組織は、すでにARを導入し、品質や生産性へ

### Michael E. Porter

ハーバード大学ユニバーシティ・プロフェッサー。ハーバード・ビジネス・スクールを拠点に活動する。

### James E. Heppelmann

インダストリアル・ソフトウェア分野のリーディング企業PTCの社長兼CEO。

の多大な効果を実感している。以下では、企業がARを導入する際の指針を示すとともに、ARを戦略や業務オペレーションに組み入れる際に直面するであろう、重要な選択について解説する。

## ARとは何か

AR単独での応用例は数十年前からあるが、ARの可能性を解き放つのに必要な技術が手に入るようになったのは、最近である。ARの本質は、大量のデータや分析内容を画像や動画に変換して、現実世界に重ね合わせる点にある。今日では、ARアプリケーションの大多数はモバイルデバイスを介して流通している。しかし、<sup>ヘッドマウント</sup>頭部装着型ディスプレイやスマートグラスのような、ハンズフリー型のウェアラブル機器による流通が、次第に増加していくだろう。

スナップチャットのフィルターやポケモンGOのような、シンプルな娯楽系ARアプリは多くの人に親しまれているが、ARは消費者向けと産業向けの両方において、もっとはるかに重要な用途にも使われている。たとえば、ナビゲーションや衝突警報などの情報を運転者の視線の先に表示する、ARヘッドアップ・ディスプレイ（AR HUD）は、現在

では数十車種に搭載されている。製品の組み立てやサービスに関する指示を表示する、生産現場の工員向けのウェアラブルAR機器は、数千社で試験導入されている。ARは、従来のマニュアルや研修手法の補完ないし代替として、すさまじい勢いで普及している。

より広い視点に立つなら、ARは情報伝達の新たな枠組みを設け、それによってデータの構造、管理、ネット上での配信に大きな影響を及ぼすと考えられる。ウェブは情報の収集、送受信、アクセスの方法を変えたが、データの格納と配信の方式（スクリーン上にページとして表示）には大きな制約がある。利用者が頭の中で、二次元情報を三次元の世界で使えるように変換する必要があるのだ。これが必ずしも容易でないことは、オフィスでコピー機の不具合を直そうとしてマニュアルを開いた経験がある人なら、誰でも知っているだろう。

ARは現実世界のモノや環境の上に、デジタル情報をじかに表示するため、我々は物理世界とデジタル世界を頭の中で橋渡ししなくても、両方を同時に処理できる。こうして、情報を迅速かつ正確に吸収し、判断を下し、必要とされる仕事をテキパキと実行できるようになる。

これを如実に示すのが、自動車用のARディスプレイである。GPS（全地球測位シス

テム）ナビゲーションを利用する運転者は最近まで、フラットスクリーン上の地図を見て、その情報をどう現実世界に当てはめるかを考えなくてはならなかった。たとえば、混み合った環状交差点を抜け出すには、道路とスクリーンに交互に目をやりながら、地図上の表示と実際に曲がるべき箇所とを頭の中で結び付ける必要があった。

AR HUDは、ナビゲーション画像をフロントガラスの前方にじかに映し出す。これは、情報を活用するための知的努力を軽減し、気が散るのを防ぎ、運転ミスを最小限に抑え、意識を道路に集中させる効果を持つ（詳しくは**図み**「よりよい判断の実現」を参照）。

ARは消費者市場においても進歩を遂げているが、産業用市場においては、人間の仕事ぶりにいつそう大きな影響を及ぼしつつある。米国海軍の航空母艦の設計・建造を担う、ニューヨーク・ニューズ造船所の事例を考えた。この会社は製造工程の完了前検査において、除去すべき鋼鉄資材を特定して印をつける作業にARを活用している。この作業を担う技術者たちは従来、空母の実物と二次元の設計図をひっきりなしに見比べなくてはならなかった。

しかし、現在ではARの恩恵により、最終設計が空母に重ね合わせて表示されるため、検査の所要時間が三六時間からわずか九〇分



へと、九六%も短縮している。全体として、製造現場にARを導入した場合、作業時間が二五%以上短くなるのが通例である。

## ARの主な働き

過去にも解説したように<sup>(註)</sup>、SCPは家庭、職場、工場を通じて広がり、製品稼働状況のリアルタイム監視、遠隔での操作やカスタム設定、リアルタイム・データに基づく製品性能の最適化などを可能にする。インテリジェンスと接続性が、SCPに完全な自律性を与える場合もある。

ARは、これらの機能が創造する価値を著しく増大させる。具体的には、新しい監視データの可視化と活用、製品操作の指示や案内の受け取り方と対応法、製品との相互作用や制御方法さえ改善するのだ。

### 可視化

ARアプリは言わばX線透視のように、通常のやり方では見えにくい内部の特徴や機能をあぶり出す。医療機器会社のアキユヴェインがAR技術を使って、血管の熱シグネチャ<sup>(註)</sup>を画像化して患者の肌に重ね合わせて表示し、血管の位置を簡単に判別できるようにしているのは一つの例だ。これは、採血や血管

手術の成功率を劇的に向上させる。ARの導入によって、初回にうまく血管に針が刺さる割合は三倍以上に跳ね上がり、その場では対応できずに支援を求めるような事態は四五%も減少する。

メーカー向けに動力装置や製造装置を供給するグローバル企業ボッシュ・レックスロスは、サイトロパックという接続機能を持つスマート油圧装置の設計図や機能を、ARの可視化技術を用いて紹介している。顧客はARアプリを使って、サイトロパックのサブシステムの組み合わせや、構成パターン別の内部ポンプや冷却方式の選択肢を、三次元で見ることができる。

### 指示や案内

ARはすでに、指示、研修、コーチングの既成概念を打ち破っている。これら、従業員の生産性向上につながる重要な仕事は、本質的にコストが大きく労働集約的であるほか、ともすれば成果がばらつく。

たとえば、組立作業の指示文書は、読むのが大変で時間がかかる例が多い。お仕着せの研修ビデオは双方向性に欠け、個別の学習ニーズには対応できない。対面指導は費用がかさむほか、指導する側とされる側が顔を合わせなくてはならず、一度で目的を果たせるとは限らない。しかも、肝心の機械が手に入ら

なければ、机上で学んだ中身を実地で試すために追加研修が必要になるかもしれない。

ARは製品の組み立て、機械の操作、倉庫での商品取り出しなどの業務について、現場でリアルタイムに手順を追いつながら、目に見える形で指示を出す。たとえば、二次元の複雑な図解を用いたマニュアルに代わって、双方向性のある三次元プログラムが、必要な手順を案内するのだ。そこには想像や解釈の入り込む余地はほとんどない。

ボーイングがARを訓練に活用したところ、複雑な航空機製造プロセスの生産性と品質が劇的に向上した。ある調査では、三〇部品を使って翼の一部を組み立てる五〇の工程について、研修生にARによる訓練を施した。AR訓練を受けた者は、従来の二次元の図解と資料を与えられた研修生に比べて、三五%少ない時間で組み立てを完了した。実務経験がほぼゼロの状態で作業に取りかかり、一度で適切に完了する研修生の数は、九〇%も増加した。

現場でARデバイスを使う人の目に映る中身を、遠隔地にいる専門家のもとに送信し、取るべき対応をすぐに案内してもらうことも可能である。言わば、専門家がどこからでも瞬時にして、利用者のそばに飛んで来てくれるようなものだ。これによって作業の成果が向上するばかりか、コストが大幅に下がるこ

とは、建物資材の販売と関連サービスを手がけるリー・カンパニーが、実証済みである。リー・カンパニーはARを用いて、現場における技術者の設置作業や修理を支援している。離れた場所にいる専門家が、技術者の視野に入っているものをAR機器を介して確認し、なすべき作業を逐一指導する。技術者の目の前に注釈を表示することさえできる。本部の専門家によるリアルタイムの支援により、技術者の作業効率は飛躍的に向上している。加えて、現場を訪れる回数が減少したため、技術者一人当たりの人件費と交通費の合計が、月額で五〇〇ドル以上も削減できた。リー・カンパニーの算定によると、ARへの投資一ドル当たりの収益は二〇ドルに達する。

#### 相互作用

製品を作動させるには従来、ボタンを押す、ノブを回す、あるいは最近では組み込み型タッチスクリーンに触れるなど、物理的な手段が用いられてきた。SCPの増加により、モバイル機器搭載のアプリが次第に物理的な制御に取って代わり、遠隔での製品操作を可能にしている。

ARはまったく新しい次元のユーザーインターフェースを実現する。仮想制御パネルを製品にじかに重ね合わせて表示し、ARヘッドセット、手ぶり、音声指示によって操作す

## ENHANCING HUMAN DECISION MAKING

### よりよい判断の実現

煎じ詰めるなら、ARの能力は人間による情報処理を土台としている。我々は五感すなわち視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚を通して情報を得るが、おのおの役割の大きさには開きがある。視覚から得る情報が圧倒的に多く、ある推計によれば、人間は全情報の八〇〜九〇%を視覚に頼っているという。情報を吸収、処理する能力は、知的能力の制約を受け、知的能力が必要とされる度合いを「認知的負荷」と呼ぶ。知的作業に能力を使うと、同時並行する他の作業に充てることのできる能力は減ってしまう。

認知的負荷の大きさは、与えられた種類の情報を処理するのに、どれくらい頭を使う必要があるかによって決まる。たとえば、コンピュータ画面上の指示を読み、それをもとに行動する場合、同じ指示を耳から聞く場合と比べて認知的負荷が大きい。なぜなら、文字を言葉に置き換え、その言葉を解釈しなくてはならないからだ。認知的負荷は「認知的距離」、すなわち情報の提示のされ方と、その情報を当てるべき状況との隔たりによっても左右される。

車の運転時にスマートフォンで経路を調べる場合を考えよう。運転者はスマートフォンからの画面から経路指示を受

け取って記憶し、その情報を視界に広げる物理環境に置き換えたうえで指示に従う。この一連の作業を、運転操作をしながら実行しなくてはならない。画面上のデジタル情報と、その情報を当てるべき物理環境との間には、大きな認知的距離が存在する。この距離への対応が認知的負荷を生み出す。

情報の伝達・吸収速度と、その情報を応用する際の認知的距離の相乗効果こそが、「百聞は一見にしかず」ということわざの根底にあるものだ。人間は物理世界を眺めると、ほぼ瞬時に膨大な量と種類の情報を吸収する。それと同じように、状況にふさわしい画像や映像を物理世界に重ね合わせて表示されると、認知的距離が縮まり、認知的負荷が最小限に抑えられる。

このような理由により、ARは極めて有用なのである。適切なデータや指示が必要な時に必要な場所に、デジタル的に重ね合わせて表示することによって、我々の周囲に広がる物理世界が拡張されると、最高のグラフィカル・ユーザー・インターフェース（GUI）になる。ARの恩恵により、個別事情と無縁で扱いにくい、紙や画面上の二次元情報に頼る必要はなくなり、人間が情報を理解して現実世界に当てはめる力は大幅に向上する。

ることができるのだ。まもなく、スマートグラスを装着して製品を指し示したり、視線を向けたりするだけで、仮想ユーザーインターフェースを起動し、操作できるようになるだろう。たとえば、スマートグラスをかけた工員が機械類の並ぶ工場内を歩き回り、性能パラメーターを確認し、手を触れずに各機械を調整できるのだ。

ARの相互作用性は、製品への導入が始まったばかりだが、画期的なものである。マサチューセッツ工科大学(MIT)メディアラボの流体界面グループが開発した、リアリティ・エディターというARアプリからは、ARの相互作用性の急速な進化を垣間見ることができる。リアリティ・エディターを使うと、どのSCPに対しても簡単にARの相互作用性を付加できるのだ。これがあると、スマートフォンやタブレットをSCPにかざし(いずればスマートグラスを通して眺めればよいようになるはずだ)、設定可能なデジタルインターフェースや機能を「眺め」、それらを手ぶり、音声指示、あるいは他のスマート製品と関連付けることができる。

リアリティ・エディターを使うと、たとえば、スマート電球の色調や照度のコントローラーを見ながら、「明るく」「暗めに」といった、起動のための音声コマンドを設定できる。あるいは、何種類もの設定をスマート電球ス

イッチのボタンと関連付けて、便利な場所に置いておくこともできる。

これら機能の基盤を成す技術はまだ発展途上だが、騒音環境下における音声コマンドの判別精度は向上しており、身ぶりや視線の追跡も急速に進歩してきた。GEはすでに、風力タービンの複雑な配線作業を行うAR体験に音声コマンドを試験導入し、生産性を三四%向上させている。

## ARと仮想現実(VR)の統合

ARの同類として知られる仮想現実(VR)は、ARと補完的な関係にあるが別個の技術である。ARがデジタル情報を物理世界に重ね合わせるのに対して、VRは物理的現実の代わりにコンピュータが生成した環境を用いる。VRは主にエンタテインメント分野で用いられているが、研修に活用するために物理的環境を再現することもできる。

これは、危険な環境や遠隔地の環境が必要な場合には、とりわけ有用である。あるいは、研修に不可欠な機械に空気がない場合、VRを活用すれば、その機械のホログラムを使って技術者を仮想環境に置くことができる。したがってARには、可視化、指示・案内、相互作用という三つの主要機能のほかに、必要

なら、VRシミュレーションという第四の機能が加わる。

産業界では、VRよりもARのほうがはるかに広く活用されるだろう。しかし状況によっては、両者を組み合わせることにより、距離の超越(遠隔地のシミュレーション)、時間の超越(過去の再現ないし将来ありうる状況のシミュレーション)、規模の超越(実体験が不可能な極小環境や極大環境の疑似体験)が可能になる。さらに、人々を共通の仮想空間に置くと、理解力、チームワーク、コミュニケーション、意思決定の向上が見込まれる。

たとえば、フォード・モーターはVRを使って仮想ワークショップを開催し、さまざまな国や地域の技術者たちに、試作車のホログラムを使ったリアルタイムの協働体験をさせている。参加者は実物大の3Dホログラムの周囲を歩いたり、内部に入ったりして、ステアリング・ホイールの位置、ダッシュボードの角度、計測・制御機器の場所といった設計の細部をどう改善すればよいか、見極めることができる。多額の費用をかけて試作車を用意したり、検討のために全員を一堂に集めたりする必要はない。

米国の国土安全保障省はさらに踏み込んだ取り組みをしている。ARの指示機能とVRシミュレーションを組み合わせ、爆発などの緊急事態への対応訓練を実施しているのだ。

これはコストの削減になるほか、実環境での訓練が危険を伴う場合にはリスクの低減にもなる。

多国籍エネルギー企業のBPは、ARの研究手順をVRシミュレーションに重ね合わせて、温度、圧力、地形や地質、海流といった具体的な掘削条件を再現している。こうして、コストとリスクを低減しながら、チームに作業を指導するほか、災害時を想定した組織的な緊急対応の訓練を行いやすくしているのだ。

## ARによる価値創造

ARは大きく分けて二つの方法により事業価値を創造する。第一はAR自体の製品化である。第二はバリューチェーン全体、すなわち製品開発、製造、マーケティング、サービスほか多様な分野における成果向上である。

### 製品特性としてのAR

製品設計においては、ユーザーインターフェースや人間工学面の改良を重視する傾向が強まっており、ARの特性はこれに打ってつけである。運用や安全に関する重要情報を製品から利用者にどう伝達するかが、差別化のカギとなりつつある（ソノスのオーディオプレーヤーなどの組み込みスクリーンを、モバイ

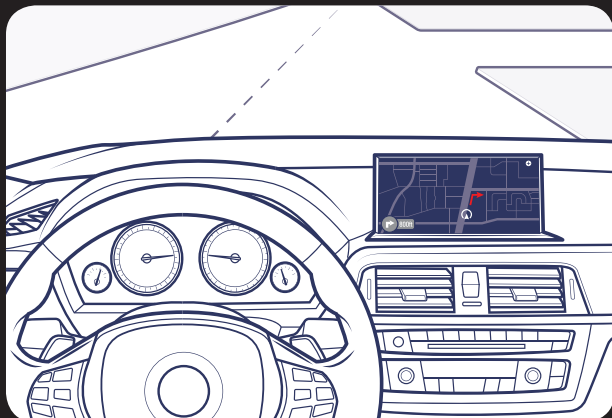
## CONVERGING PHYSICAL AND DIGITAL

### 物理世界とデジタル世界の融合

物理世界に関するデジタル情報を、それを当てはめるべき状況と結び付けるには、知的努力が必要だが、ARはその努力を軽減してくれる。

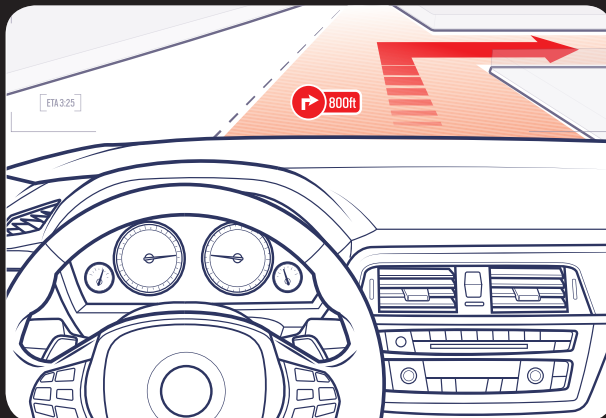
#### 物理世界とデジタル世界の分断

画面上のGPS情報を頭の中で眼前の道路に移し替えるのは努力を要し、間違いにつながりやすい。



#### 物理世界とデジタル世界の融合

ARがデジタルデータをそのまま物理世界に重ね合わせて表示する。





ルアプリが補完ないし代替してきた状況を考え  
てほしい)。ARはこの種のインターフェー  
スに長足の進歩をもたらすはずだ。

ごく最近になって自動車に搭載された特化  
型AR HUDは、何年も前から戦闘機の様  
々な選り抜きの軍需品の目玉機能になってお  
り、民間航空機にも採用されている。この種  
のディスプレイはあまりに高価でかさばるた  
め、たいていの製品には組み込めない。しか  
し、スマートグラスのようなウェアラブル機  
器は、ブレイクスルー的なインターフェース  
であり、あらゆるメーカーに幅広い意味合い  
をもたらす。スマートグラスをかけた人は、  
そのグラスと通信可能なすべての製品上にA  
Rを表示することができるのだ。

たとえば、スマートグラスをかけて台所の  
オーブンを眺めると、内部の温度、タイマー  
の残り時間、使用レシピが仮想表示されるか  
もしれない。車に近づくと、ロックがかかっ  
ていてガソリンは満タンに近い状態だが、左  
のリアタイヤの空気圧が低下していることを、  
AR表示が教えてくれるかもしれない。

ARのユーザーインターフェースは、もっ  
ぱらソフトウェアによって制御され、クラウ  
ド経由で配信されるため、パーソナライズで  
きるほか、たゆみない進化も可能である。こ  
のようなインターフェースの提供に伴う増分  
費用は小さいうえ、従来のボタン、スイッチ、

ダイヤルが不要になれば、メーカーは多大な  
コストを削減できるはずである。この次世代  
インターフェースの破壊的影響が、自社の製  
品やサービス、競争上のポジショニングにど  
う及びそうか、製品製造に携わるすべての企  
業が慎重に考える必要がある。

### ARとバリューチェーン

ARの影響はすでにバリューチェーン全体  
に見られるが、影響の度合いには濃淡がある。  
一般論として、可視化と指示・案内系のアプ  
リケーションが、現在のところ企業の業務運  
営に最も大きな影響を及ぼしている。相互作  
用の機能はいまだ新しく、試行段階にある。

### 製品開発

技術者は三〇年前から、コンピュータ支援  
設計(CAD)を用いて三次元モデルを作成  
してきたが、そのモデルはコンピュータ画面  
上の二次元ウィンドウを介してしか扱えない  
ため、設計作業の全面的なコンピュータ化は  
難しい状況にある。ARを導入すると、物理  
世界に三次元モデルをホログラムとして重ね  
合わせ表示できるため、設計の評価、改良が  
しやすくなる。

たとえば、建設機械の実物大三次元ホログ  
ラムを地上に表示すると、技術者がその周囲  
を歩き、下をのぞき込んだり、上から見下ろ

したりし、さらには内部に入り込んで、何が  
見えるか、人間工学的な出来栄えはどうか  
などを、設置が見込まれる環境で実際と同じ寸  
法の下、じっくり見極めることができる。

ARを使うと、CADモデルを試作品に重  
ね合わせて表示し、一致具合を確かめられる。  
フォルクスワーゲンはデジタル設計のレビュ  
ー時、整合性チェックにこの手法を活用して  
いる。最新設計と試作車に食い違いがあれば、  
一目瞭然だからである。これによって品質保  
証プロセスの精度が向上した。以前と違い、  
技術者が二次元の設計図と試作品を四苦八苦  
して比べずに済むため、作業スピードが五  
一〇倍になった。

近い将来、AR機能を搭載したスマートフ  
ォンやスマートグラスが、埋め込み型のカメ  
ラ、加速度計、GPS、各種センサーととも  
に、製品設計の情報源としての役割を増すだ  
ろう。いつ、どこで、どのように利用者と製  
品との相互作用が生じるか、具体的には、特  
定の修理手順がどれくらいの頻度で起動され  
るか、といった情報を提供するのである。こ  
のように、ARインターフェースは重要なデ  
ータ源になるだろう。

### 製造

製造のプロセスは往々にして込み入って  
おり、数百、いやそれどころか数千の工程を必

## ARを体験する

この双方向型デモを起動して、  
ARの主な働きを実際に見てみよう。

### 可視化

ARは、肉眼では見るのが難しい機能や仕組みを、浮き彫りにすることができる。この事例では、油圧装置内の構成要素を可視化して、おのおのの状態をデータで示す。

### 指示・案内

ARは理解しづらい2次元の指示（例：マニュアルに記された修理手順）に代えて、双方向の3次元ホログラムを使って手順を逐次案内する。この事例では、動力装置のフィルターを交換する方法をARが案内する。

### 相互作用

ARはボタン、ノブ、組み込み型タッチスクリーンなどの物理的な制御手段の代わりに、仮想的な手段を、対象物に重ね合わせて表示する。この事例では、ARを活用して動力装置を操作し、ロボットアームを動かすことができる。

- 1 | HBR Augmented Reality (AR) アプリを、アップストア (iOS 用) またはグーグル・プレイ (アンドロイド用) からダウンロードする (無償)。
- 2 | アプリを開いてデバイスをこのページ上にかざし、AR体験を起動する。

要とするうえ、ミスが起きるとコストの上昇要因になる。すでに述べてきたように、ARは組立ラインで働く工員に、必要な情報を適切なタイミングで提供し、エラーの減少および効率や生産性の向上に寄与できる。

このほかにも、工場におけるARの活用例としては、自動化システムや制御システム、二次センサー、資産管理システムから情報を集めて、それぞれの機械やプロセスに関する重要な監視・診断データをビジュアル表示する、というものもある。状況に即した効率や欠陥のデータがあると、メンテナンス技術者が問題点を把握して、工員に対して予防的措置を講じるよう促すことにより、コストを圧迫する不稼働時間をなくせるかもしれない。

工場やビル向けの自動化ソフトウェアを専門とするアイコニクスという企業は、製品のユーザーインターフェースへのARの統合に乗り出した。ARインターフェースは、観察や理解に最も適した物理的位置に、適切な表示をすることにより、機械や業務プロセスのモニタリング効率をいっそう向上させる。

## 物流

倉庫業務が物流コスト全体に占める比率は推定約二〇%であり、倉庫関連コストの六五%が商品を棚から取り出すピッキング作業にまつわるものである。ほとんどの倉庫では

いまなお、紙のリストをもとに取り出すべき商品を把握して、現物を探している。これでは時間がかかり、間違いも起きやすい。

物流業界の巨人DHLなど、ARを活用してピッキング業務の効率性と正確性の向上を図る企業は、増加傾向にある。ARが取り出すべき商品の位置を担当者に示し、続いて、次の商品のありかへの最適ルートを案内するのだ。これにより、DHLでは間違いが減り、担当者がやる気を高め、生産性が二五%向上した。現在はARによるピッキング案内の世界展開を進めるほか、商品や機械の配置の最適化など、他の倉庫業務の改善にもARを活かせないか、試行している。

インテルも物流倉庫にARを導入し、ピッキングの所要時間を二九%短縮したほか、エラー率をほぼゼロにまで低減させている。ARの活用が奏功して、新人と従来型の訓練だけを受けた先輩のピッキング速度を比べると、前者のほうが一五%も速いという結果が出ている。

## マーケティングと営業

ARの登場により、ショールームや製品デモンストレーションの概念が変わり、顧客経験も変容している。実環境における製品の外観や機能を購入前に見ることができると、顧客は現実には即した期待を抱き、購入判断に自

信を持ち、製品への満足度も高まる。ARの影響によりいづれ、リアル店舗やショールームの必要性さえも、小さくなるかもしれない。

製品にさまざまな機能やオプションを盛り込める場合、すべての組み合わせを用意するのは難しく、在庫コストもかさむ。このような例では、ARがマーケティングツールとしての本領を発揮する。

たとえば建設資材メーカーのAZEKは、デッキ材や敷石、敷レンガなどの見栄えを、ARを使って色や並べ方をさまざまに変えながら、建築会社や消費者に紹介している。現地に当てはめたシミュレーションも可能である。顧客がスマートフォンやタブレットを通して家を眺めると、ARアプリがそこにデッキを重ね合わせて表示するのだ。こうすると、「この製品でよいのだろうか」という顧客の迷いが減り、成約までの時間が短縮される。

eコマースの分野では、ARアプリを使って製品のホログラムをダウンロードする仕組みが、提供されている。ウェイフェアとイケアは、数千種類の三次元製品イメージとアプリを用意している。顧客はアプリを使って製品イメージを室内に当てはめ、家具や装飾品を自宅に置いた場合の見栄えを、確かめることができるのだ。イケアは、各地域の製品嗜好に関する貴重なデータを収集する目的にも、ARアプリを活用している。



## アフターサービス

ARはこの分野において、SCPの価値創造力を引き出す可能性を、大いに示している。工場の作業員を支援するのと同じように、現場で顧客に奉仕する技術者を支援するのだ。具体的には、製品から得た予測解析データを表示する、ビジュアル情報を用いてリアルタイムで修理方法を案内する、手順を最適化できるように遠隔地の専門家との橋渡しをする、といった方法がある。たとえば、ARダッシュボードが現場の技術者に、ある機械部品について「一カ月以内に破損する可能性が極めて高い」と知らせるかもしれない。すると技術者は、先手を打ってすぐにその部品を交換することができる。

ヨーロッパの通信会社KPNでは、遠隔または現地での修理業務に携わる技術者が、ARスマートグラスを用いて製品のサービス履歴、診断法、位置関連の情報を参照する。これらAR表示の恩恵により、問題解決法についてよりよい判断を下すことができ、サービスチームのコスト全体の11%減、作業エラー率の一七%減、修理品質の向上が実現している。

ゼロックスは、現場の技術者にサービスマニュアルや電話サポートを提供する代わりに、ARを用いて専門家を紹介している。これにより初回での修理完了率は六七%、技術者の



### 可視化

マイクロソフトとボルボが開発したARショールームでのデモ。自動車のエンジンと車台を透視することができる。



効率は二〇%、それぞれ上昇した。他方、問題解決までの平均時間が二時間短縮したため、所要人数が減少した。現在では、遠隔地の技術専門家を、ARを用いて顧客にじかに引き合わせている。こうして、現場に人材を派遣せずに顧客自身の手で問題が解決した割合が七六%も増え、ゼロックスには出張費用の節減、顧客には不稼働時間の最小化という恩恵が及んだ。当然と言うべきか、ゼロックスの顧客満足度は九五%に上昇した。

## 人材開発

DHL、米国海軍、ボーイングなど、いち早くARを導入した組織は、ARを使って段階式のビジュアル研修をオンデマンドで提供する効果に、すでに気づいている。各人の経験に沿った指導や、特定のエラーが頻発する状況を踏まえた指導ができるのだ。たとえば、同じような失敗を何度も繰り返す人に、仕事の質が向上するまでARによるサポートを義務付けるとよい。一部の企業では、ARの恩恵で特定職種の新人研修がほぼ不要になり、新規採用のハードルが下がった。

これは宅配会社DHLにとっては特に追い風である。DHLの場合、書き入れ時には需要が急増するため、臨時スタッフの採用と訓練を効率的に行えるかどうかのカギを握る。ARを用いて、倉庫の中を動き回って荷物の

梱包や仕分けをうまく行う方法について、実際に即した指導をリアルタイムに行うことによって、従来型のインストラクターの必要性が小さくなり、新人が短期間に仕事を覚えるようになった。

## ARと戦略

ARは企業間競争に幅広い影響を及ぼすだろう。我々が過去のHBR寄稿論文で解説したように、SCPはほぼすべての業界の構造とそこでの競争のあり方を変容させ、その過程で往々にして業界の境界を広げる役割を果たしている。SCPは、どのような機能を設けるべきか、データに関する権利やセキュリティをどう管理すべきか、製品の幅を広げてスマートシステムで競争すべきかといった、新たな戦略の選択肢をメーカーにもたらす。ARが普及を続け、SCP技術と人間をつなぐ力を持つと、戦略上の新たな問いが持ち上がる。その答えは各社の事業内容や個別の状況に左右されるが、ARはあらゆる企業の戦略に欠かせないものになっていくだろう。

企業が直面する重要な問いは以下の通りである。

**1** ARは業界にどのような機会をもたらすか。それらをどの順序で追求すべきか。

企業はARが顧客、製品性能、バリューチェーンに及ぼしそうな影響について、熟考しなくてはならない。

**2** ARは製品差別化にどう寄与するだろうか。

ARは差別化への道をいくつも開いてくれる。ガイド役を果たすことによって製品の可能性を広げ、顧客により多くの情報を提供し、製品への愛着を引き出すのだ。製品の機能性や使いやすさを高めるARインターフェースは、大きな差別化要因になりうる。製品サポート、サービス、稼働時間などを大幅に改善するARインターフェースも、同様である。ARはまた、顧客がどう製品を利用しているかに関して、従来とは異なるフィードバックを提供できるため、企業にとっては製品差別化のさらなる機会を探り出す助けになる。



何が正しい差別化への道であるかは、既存の戦略、競争相手の行動、さらには技術、特にハードウェアの進歩の速さによって決まるだろう。

### 3 ARはどの分野において最もコスト削減に寄与するだろうか。

ARはかつてない高効率を可能にするため、すべての企業がこれを追求すべきである。すでに述べたように、ARは研修、サービス、組み立て、設計ほか、バリューチェーン上の諸活動の大幅なコスト低減に寄与しうる。合わせて、物理的インターフェースを不要にすることにより、製造コストの劇的な低下をも可能にする。

各企業は、自社の戦略的ポジショニングに沿って、AR主導によるコスト削減の取り組みに優先順位をつける必要が生じるだろう。洗練された製品を持つ企業は、低コストで優れたARインターフェースを活かすよう迫られるだろう。かたやコモディティ化した製品を生産する企業は、バリューチェーン全体の業務効率を重視すると考えられる。消費財や小売りのような業界では、マーケティング関連のビジュアル化アプリが、手始めとして最も有望だろう。製造業の場合は、指示系アプリがエンジニアリング、生産、サービスの非効率に対処して、最も優れた即効性を発揮し



#### 指示・案内

農業機械メーカーのアグコでは、従業員がARの指示を参照しながら、トラクターの油圧弁のスタックバルブを扱っている。



ている。ARの相互作用性は、いまだ揺籃期にあるが、製品のカスタマイゼーションや複雑な制御が可能なすべての業界において、大きな意味を持つだろう。

#### 4 ARの設計や導入を主な強みにすべしか。それとも、アウトソーシングや他社との提携で十分だろうか。

多くの企業が躍起になって、ARの開発に必要なデジタル分野の人材を採用しようとしており、この種の人材は不足している。特に需要が大きいのは、ユーザーエクスペリエンス（UX）やユーザーインターフェース（UI）の設計技能である。

三次元デジタル情報をわかりやすく、行動につなげやすい形で表示することには、極めて大きな意義がある。企業としては、本来の目的を台無しにするような、印象的ではあるが役に立たないAR体験を提供するのは避けたい。AR体験が効果的であるためには、適切なコンテンツも必要とされる。このため、コンテンツの創造と管理という、これまた新しい技能に長けた人材も、重要である。デジタルモデリングの技能とそれをARアプリに応用するための知識も、やはりカギを握る。

将来的にはARの専門チームが設けられることが予想される。一九九〇年代から二〇〇〇年代にかけて、ウェブサイトの構築と運用

を担うチームが設けられたのと、同じである。ARという新しい媒体の発展を促すインフラを築き、ARコンテンツの開発と維持管理を行うために、専門チームが必要になるだろう。多くの企業がAR技能の社内育成に乗り出しているが、熟練の域に達した例はいまだ稀である。

AR要員を採用、育成するか、それともAR専門のソフトウェアサービス企業と提携するかに関しては、多くの企業が答えを出していない。ARが業界の競争に大きな影響を及ぼす可能性がある場合には、AR人材を戦略的資産と位置付け、その採用や育成に投資する以外に選択肢はない。半面、ARが重要ではあるが競争優位にとって不可欠ではない場合は、専門のソフトウェアサービス企業と提携して、外部の人材や技術を活かす手もあるだろう。

これまでに紹介してきたAR技術をすべて築くのは、非常に大きな挑戦であり、多大な骨折、時間、コストを要するうえ、各領域では細分化がひっきりなしに起きている。ARの草創期には、技術やサービスを提供する企業の数に限られ、各社は社内で能力育成を行っ

てきた。しかし、ターンキー・ソリューションを提供する極めて優れたARベンダーが登場し始めており、自社単独の努力でそれらに追いつくのは難しくなっていくだろう。

#### 5 ARは、利害関係者とのコミュニケーションをどう変えるだろうか。

ARは、既存の印刷物や二次元のデジタルコミュニケーション手法を補完し、場合によっては完全に取って代わりうる。とはいえ我々の見たところ、ARは新たなコミュニケーション手段の域をはるかに超えている。人々と関わるための、まったく新しい手段なのだ。ARが人間にとって、いかに斬新な方法により、情報や指示を理解し行動に結び付ける手助けをするものであるか、考えてみるとよい。

ウェブは技術リポートの共有手段として生まれ、やがてビジネス、教育、社会的交流を変容させた。我々は、ARはコミュニケーションに関してこれに匹敵する役割を果たすだろうと、予測している。つまり、今日の想像をはるかに超えた変化をコミュニケーションに及ぼすと、考えられるのだ。企業は、萌芽



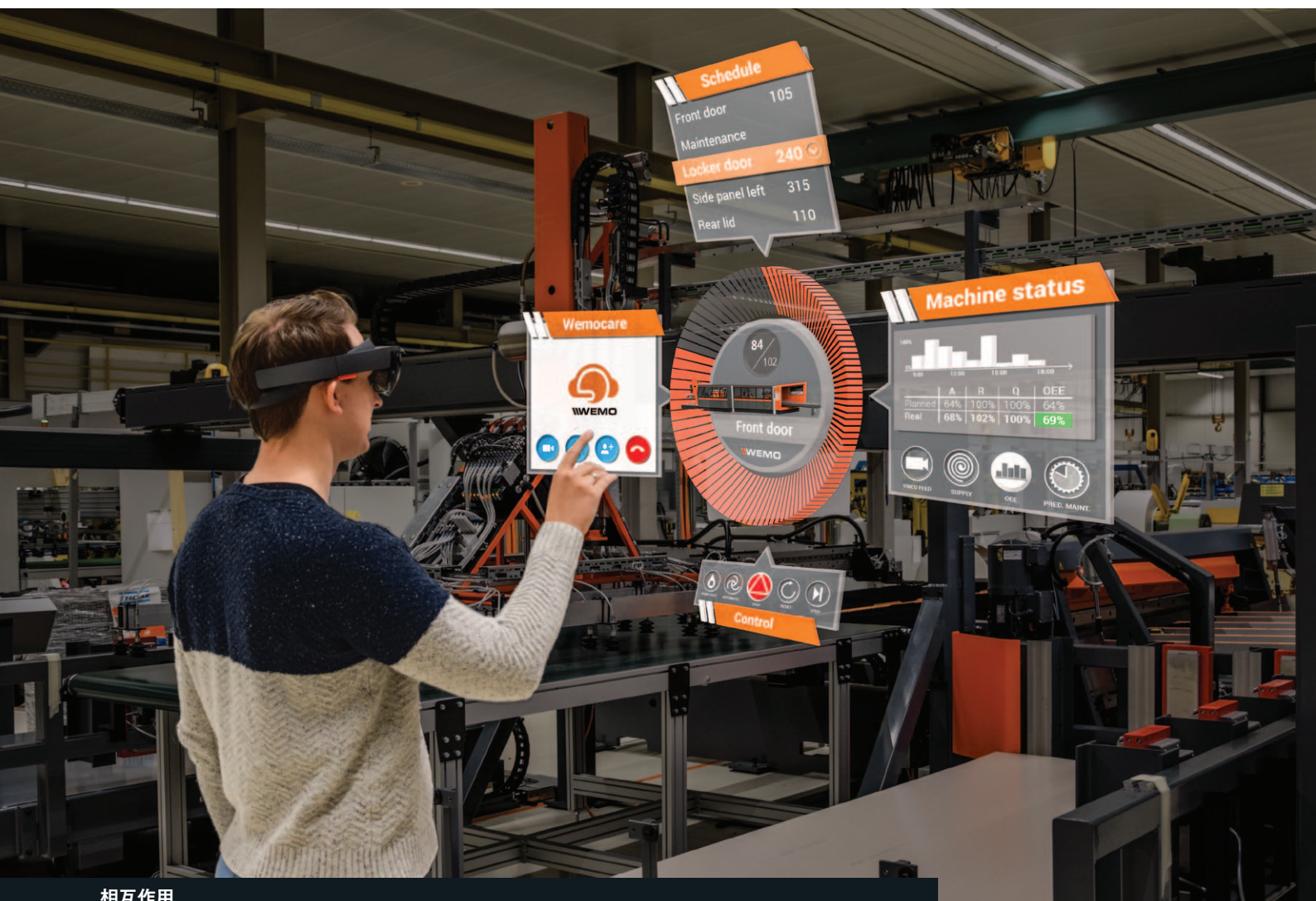
期にあるこの手段をどう活かせるか、想像を膨らます必要があるだろう。

## ARの導入

ARアプリはすでに、製品やバリエーション全体への試験導入や本格導入が進んでおり、その数と範囲は増す一方だと予想される。各企業は導入計画を作成して、ARの用途を広げるうえで不可欠な能力を培いながら、ARの恩恵をどう事業に活かし始めるのかを示す必要がある。導入の順序やペースを決める際には、関連する技術課題と組織スキル、両方を考慮しなくてはならないが、これらは状況ごとに異なる。具体的には、以下の五つの課題に対処する必要がある。

### 1 どのような開発力が求められるか。

AR体験の中には他と比べて複雑なものがある。イケア、ウェイフェア、AZEKが実現したような、さまざまな構成や環境下における製品のビジュアル化は、出発点として比較的ハードルが低い。消費者に「アプリをダウンロードして、起動しよう」という気になってもいいさえすれば、後は必要なのはモバイル機器だけである。



#### 相互作用

ウェモ・マシンのシートメタル生産ライン。ARのジェスチャーコマンドを使って複数の機械を同時に動かし、運転の切り替えを行う。



それと比べて、ボーイングやGEが製造現場で使うような指示アプリは、開発、利用とも、難易度が上がる。動的三次元デジタルコンテンツを開発、維持する能力が求められるのだ。多くの場合、ヘッドマウントディスプレイやスマートグラスが大いに役立つが、これらはいまだ発展の初期段階にある。

相互作用を実現するアプリは、消費者と企業、両方に多大な価値をもたらすが、開発へのハードルは最も高い。そのうえ、音声や身ぶりの認識機能など未成熟な技術を伴い、SCPの制御ソフトとの統合も必須となる。ほとんどの企業は三次元モデルの静的可視化から出発するだろうが、戦略的效果の高い動的指導体験を速やかに実現できるよう、技能を培うべきである。

## 2 デジタルコンテンツを どのように創造すべきか。

AR体験は洗練の度合いにかかわらず、例外なくコンテンツを必要とする。製品設計のように、既存のデジタルコンテンツを再利用できる場合もあるが、長期的には、より複雑で動的な、状況に即した体験をゼロから創造しなくてはならず、これには特殊な専門性が求められる。

家具のARカタログのような簡単なアプリなら、必要なのは基本的な製品表現だけかも

れない。ところが製品修理に用いるようなより洗練された業務指示アプリの場合は、製品を正確に、しかも極めて精緻にデジタル表示しなくてはならないだろう。これを製作するには、製品開発に用いたCADモデルを改良するか、三次元スキャニングのようなデジタル化技術を使うことになる。

洗練を極めたAR体験を実現するには、社内の業務システム、SCP、外部のデータ源などからのリアルタイムデータを活用し、それらをコンテンツと統合する必要がある。ARポートフォリオの拡充に備えるには、CADなどの既存の三次元デジタル資産を棚卸しするとともに、デジタルモデリング技能に投資すべきである。

## 3 ARアプリは物理的環境を どう認識するだろうか。

デジタル情報を物理世界に正確に重ね合わせる表示するには、見ている対象をAR技術が認識しなくてはならない。最も簡単なのは、GPSなどを使ってARデバイスの位置を把握して、特定のモノとひも付けせずに、その位置にふさわしい情報を表示するやり方である。これは「ロケーション型」AR体験として知られる。HUD搭載カーナビゲーションは、一般にこのようにして機能する。

付加価値の高い「マーカー型」AR体験で

は、情報を特定のモノとひも付けする。バーコード、ロゴ、ラベルのような目印（マーカー）をモノにつけて、それを利用者がAR機器でスキャンするのだ。より洗練された手法では、一連の三次元モデルと形状を比較することにより、対象物を認識する。このようにして例えばメンテナンス技術者は、どの角度からでも、自分が担当するあらゆる種類の機械を瞬時に判別して、作業や確認を行うことができる。

マーカーを用いる手法は手始めとしてはよいが、形状認識技術は長足の進歩を遂げており、極めて価値あるARアプリの多くを活用するには、形状認識技術を使いこなす技量が必要になるだろう。

## 4 どのようなARハードウェアが 必要か。

幅広い消費者層を対象としたAR体験は一般に、スマートフォン向けに設計されている。スマートフォンのシンプルさと普及率の高さを活かしているのだ。

より洗練されたAR体験には、スクリーンが大きく視覚媒体として優れ、処理能力も高い、タブレット端末が用いられる。タブレットは普及率がさほど高くないため、企業側が用意して顧客に提供する例が多くなると考えられる。特定の高価なアプリケーション、特に航空機や自動車向けのアプリケーションに

関しては、メーカーが専用のAR HUDを製品本体に組み込むという、高コストの手法を取っている。

とはいえ、ほとんどのARアプリは最終的に、サービス、製造、さらには製品インターフェース向けでさえも、利用者の手をふさがないように、ヘッドマウントディスプレイが必須になるだろう。この技術は目下のところ未成熟で高価だが、我々の予想では、数年以内には手頃な価格のスマートグラスが広く入手可能になり、ARの効果を存分に引き出すうえで大きな役割を果たすだろう。

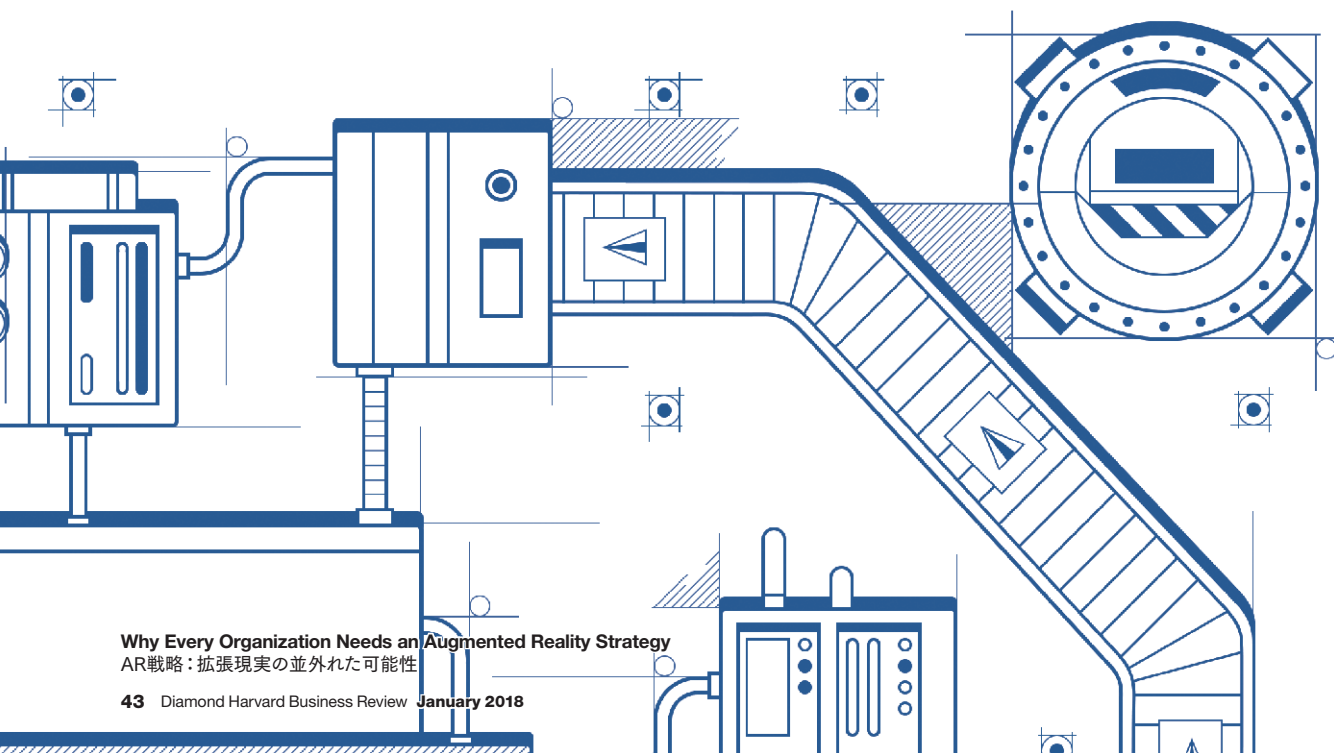
マイクロソフト、グーグル、アップルは現在、自社製デバイスに最適化したAR技術を提供している。しかし、ほとんどの企業はクロスプラットフォーム開発を進めて、複数プラットフォームのスマートフォンやタブレットでAR体験ができるようにするだけでなく、スマー

トグラスへの対応に万全を期しておくべきである（四七ページの「スマートグラス戦争」を参照）。

## 5 ソフトウェア開発とコンテンツ制作、どちらのモデルを用いるべきか。

初期のAR体験の多くは、スタンドアローン型アプリとして提供されている。デジタルコンテンツ込みで、スマートフォンやタブレットにダウンロードして使うのだ。この手法は信頼性と精細度の高いAR体験を実現し、企業側はネット接続不要のアプリを作成できる。ただし、AR体験を変更するにはアプリの書き換えが必要であり、これが高コストという隘路を生みかねない。

最近では、商用のARパブリッシング・ソフトウェアを用いてARコンテンツを作成し、クラウド上に保存する、という代替手段が登



場している。ARデバイス上の汎用アプリを使って、オンデマンドでAR体験をダウンロードすればよいのだ。ARコンテンツの更新や追加は、ウェブサイトのコンテンツと同様、ソフトウェアそのものには手を加えずに実施できる。これは、情報量が多く、頻繁に内容を更新するような場合には、重要な利点である。ARとの相互作用や制御をリアルタイムで行う機械や製品が増えるにつれて、コンテンツ制作モデルは一般的になっていくだろう。ARを全社に展開するには、コンテンツ制作力が不可欠である。

## より広範な影響

デジタル革命は、SCPや爆発的に増えるデータと相まって、生産性を向上させ、経済のそこかしこで価値を引き出している。次第に、データや知識の不足ではなく、それらはどう吸収して行動に活かすか、つまり、人間とのインターフェースが、制約条件になってきている。その主な解決策として浮上しているのがARである。

同時に、機械学習やオートメーションの急速な進化は、「人間の機会を脅かすのではないか」という深刻な懸念を生み出している。今後、雇用は全員に行き渡るだろうか。特に、

教育水準が低く知識の乏しい労働者には、十分な雇用があるだろうか。人工知能(AI)やロボットが普及した世の中では、人間は用済みになるのだろうか。

「新しい技術は人間にとっての機会を減少させる」と結論付けるのはたやすい。ただし、何世紀も前から新たな発明が人間の労働に取って代わってきたが、雇用は減少するどころか増大してきた。テクノロジーは我々の生産性と生活水準を劇的に向上させてきた。新たなニーズに対応する、新しい種類の製品やサービスを生み出し、かつてない種類の労働者が必要とするようになった。今日の雇用の多くは、一〇〇年前には存在すらしなかった製品やサービスに関係している。歴史が教えているのは、今日のデジタル革命が新たなイノベーションの波と、いまだ想像すらできない新しい種類の仕事を生み出すだろう、ということだ。

このような将来における人間の役割は、誤って理解されている。人間には独特の強みがあり、それが近い将来、機械やアルゴリズムによって再現される可能性はないだろう。我々には、現在のロボットをはるかにしのぐ洗練された運動能力があり、機械の部品交換やタービンの配線などに必要な、細やかな作業ができる。採血、草木の剪定、パンクしたタイヤの修理など、さほど技能を要しない作

業でさえも、人間の器用さが必要とされ、自動化には適さない。人間は初めて直面する状況にも即座に適応する。状況に合わせて情報を解釈し、問題を解決し、判断を下し、行動を起こすのだ。人間の持つ柔軟性、想像力、直感、創造性には、予見できる将来においてどのような機械も太刀打ちできない。

AIやロボット工学の進歩は目覚ましいが、機械の性能と人間ならではの強みを組み合わせたほうが、いずれか単独の場合と比べて、はるかに高い生産性と大きな価値創造につながるだろう。

この機会を実現するうえで必要なのは、デジタル世界と物理世界の溝を埋めるための、強力なヒューマンインターフェースである。ARはこの役割を果たす歴史的イノベーションだというのが、我々の見解である。人間はARの助けを得て、最新のデジタル知識と機械性能を最大限に活かして、自分たちの可能性を広げるのだ。

ARは研修や技能向上を根底から変え、その恩恵により人間は、時間と費用のかかる従来型の指導を受けなくても、洗練された仕事ができるようになるだろう。つまり、いまのところはほとんどの人にとって手の届かない状況が、実現するのである。こうして、ARのおかげで人間は、デジタル革命とその恩恵すべてを、よりよく活かせるようになる。

### 【注】

Michael E. Porter and James E. Heppelmann, "How Smart, Connected Products Are Transforming Competition," HBR, November 2014. (邦訳「IoT時代の競争戦略」DHBR2015年4月号)を参照。

## 拡張現実 (AR) はどう機能するのか

**A**Rを利用するには、スマートフォン、タブレット、スマートグラスなど、カメラを組み込んだデバイスに、ARソフトウェアを搭載する。デバイスを対象物にかざすと、ビデオストリームを分析するコンピュータビジョン技術の働きによって、ソフトウェアが対象物を認識する。

次いでデバイスは、対象物についての情報をクラウド上からダウンロードする。これは、ブラウザがURLを使ってウェブページを取り込むのと、よく似ている。根本的な違いは、AR情報はスクリーン上の二次元のページではなく、対象物に重ね合わせた三次元の「体験」として表示される点にある。したがって、利用者が見るのはリアルとデジタルの混合物である。

ARは、製品が生み出すデータをリアルタイムで表示し、タッチスクリーン、音声、身ぶりなどによる制御を可能にする。

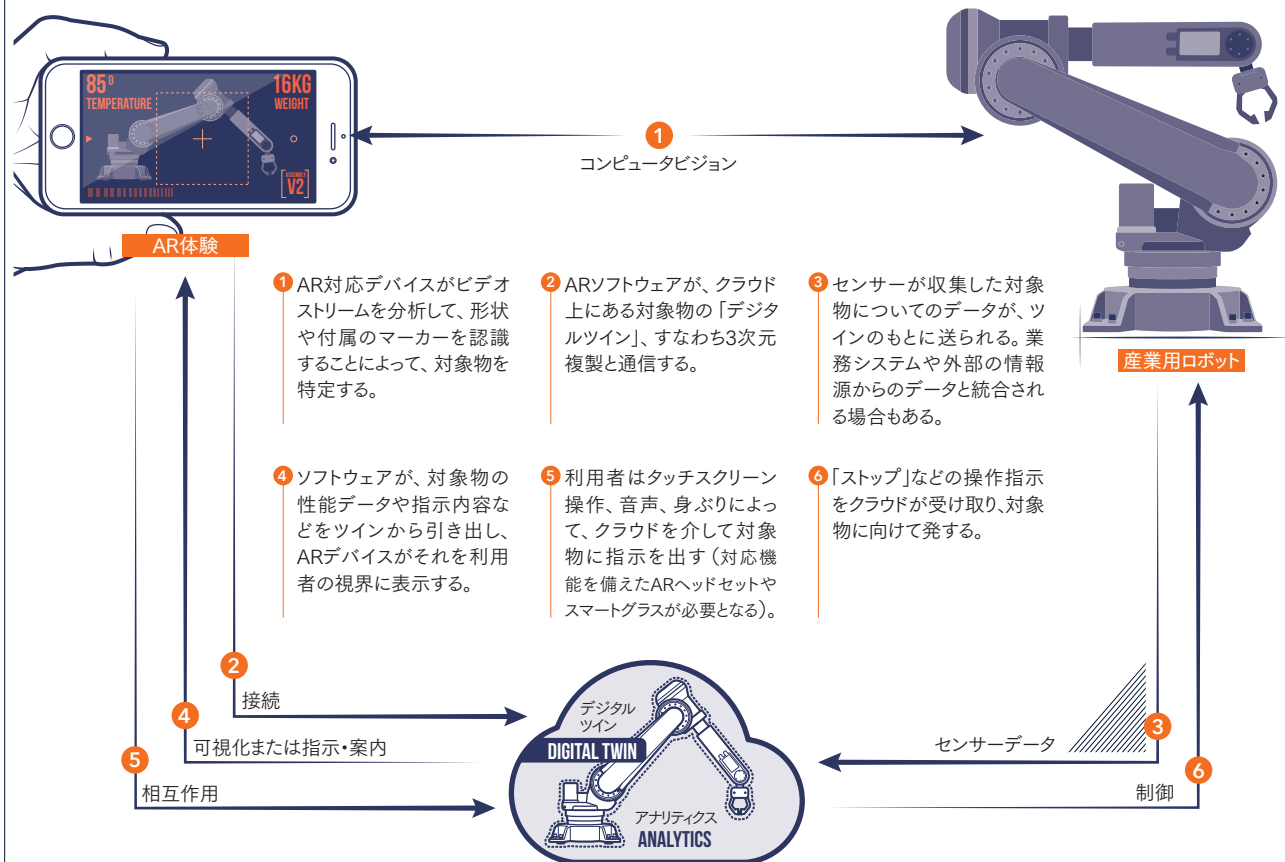
たとえばAR体験の最中に、重ね合わせ表示されたデジタル画像（デジタル・グラフィック・オーバーレイ）上の停止ボタンを押すか、「ストップ」ということにより、クラウド経由で製品に指令を出す。

ARヘッドセットを装着して産業用ロボットを操作する人は、重ね合わせ表示されたロボットの性能データを見て、制御装置に手を伸ばすかもしれない。

利用者が動くと、それに合わせてAR表示の大きさや方向も自動的に調節される。新しい画像ないし文字情報が視界に現れ、他の情報は消えていく。産業用途においては、機械の操作者とメンテナンス技術者のように異なる役割を担う人々が、同じ対象物を見ていても、それぞれのニーズに合わせて別々のARが表示される場合もある。

クラウド上の三次元デジタルモデル、すなわち「デジタルツイン」は、スマートオブジェクトとARの橋渡しをする。

デジタルツインをつくるには、一般には製品設計段階でCADを活用するか、物理的なモノをデジタル化する技術を利用する。できあがったデジタルツインは、製品業務システムなど、外部のデータ源から情報を収集して、製品のその時々の姿を忠実に反映する。これにより、ARソフトウェアは最新の情報と縮尺を正確に表示できるのだ。

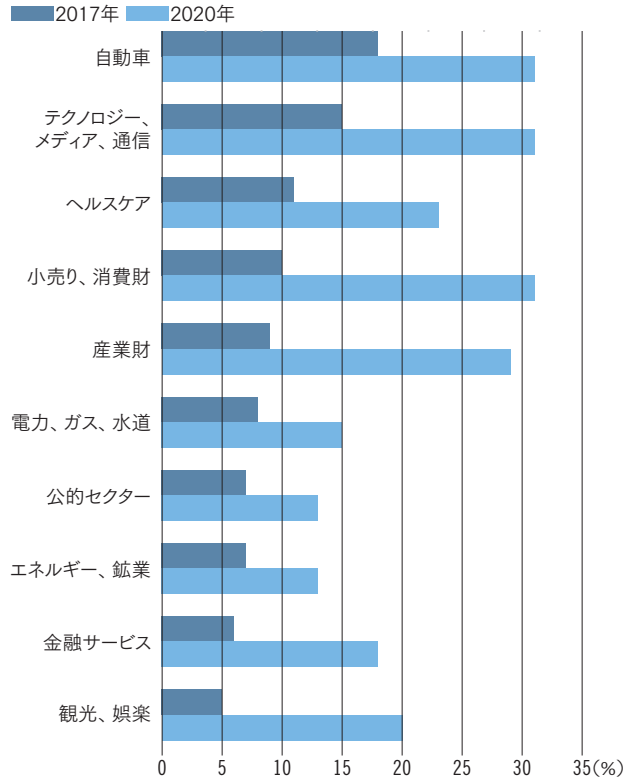




# 現実世界における拡張現実 (AR)

## ARに最も投資をしているのはどの業界か

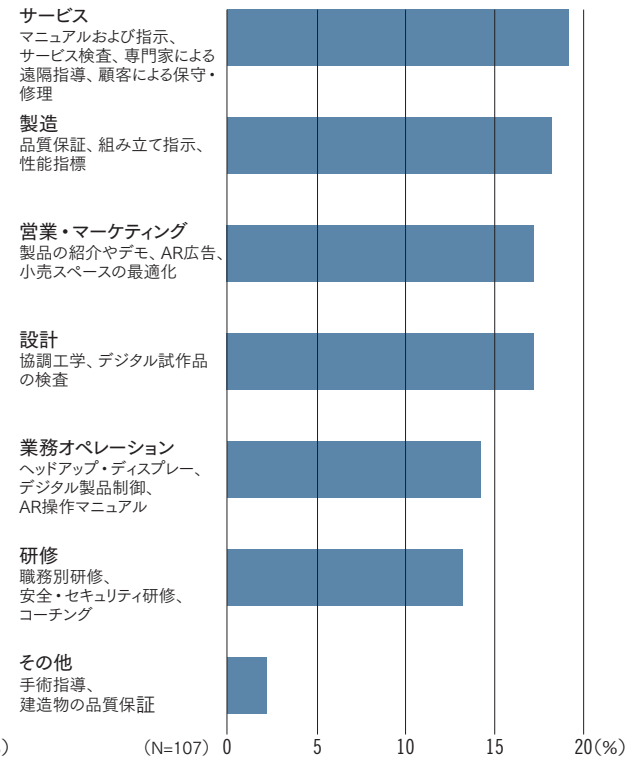
各業界の経営幹部のうち、現在ARに多大な投資をしていると回答した人の比率、および、3年以内に大々的に投資をすると思込む人の比率



出所：PwC 2017年グローバル・デジタルIQ調査（対象は53カ国2216人の事業・IT幹部）

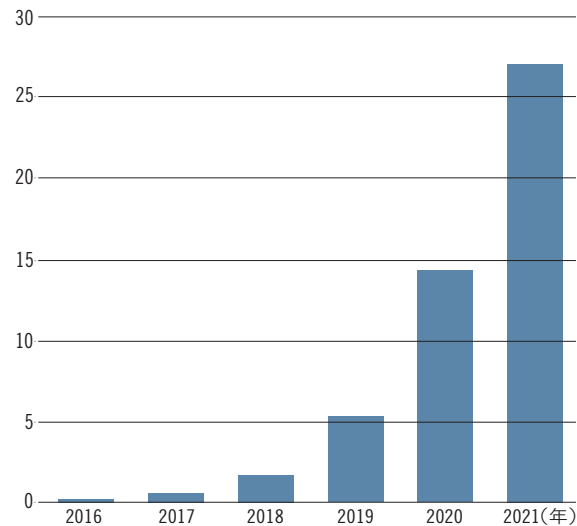
## 企業の役割

各分野のAR体験を開発する企業が調査対象全社に占める比率



## ARヘッドセットの普及

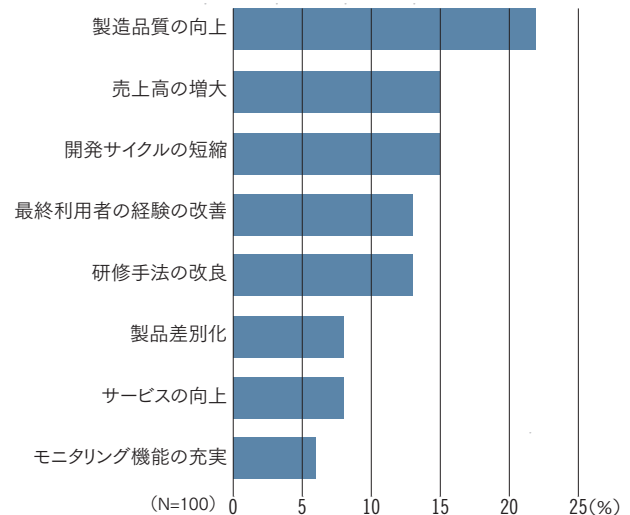
ARヘッドセットの全世界での出荷台数の予想（単位：100万台）



出所：インターナショナル・データ・コーポレーション2017年版全世界における4半期ごとのAR/VRハンドセット出荷台数予測

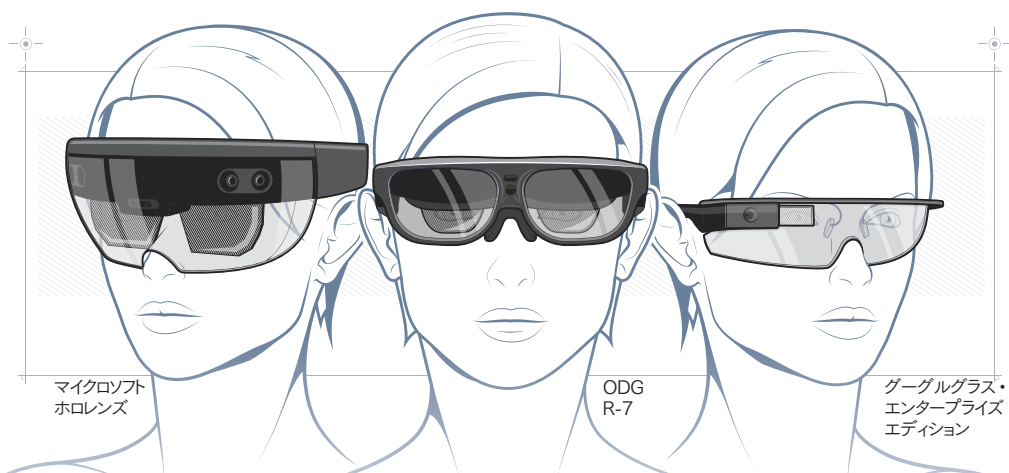
## 戦略目標

AR開発の主な目的として各項目を挙げた回答者の比率



出所：ThingWorx Studioパイロット・プログラム参加者を対象としたPTCの調査

# スマートグラス戦争



マイクロソフト  
ホロレンズ

ODG  
R-7

グーグルグラス・  
エンタープライズ・  
エディション

これまでのところ、軽量かつ高性能で手頃な価格のスマートグラスがないせいで、拡張現実（AR）は広く導入されずにいる。

たいていの企業がARに用いる、<sup>ヘッドマウント</sup>頭部装着型ディスプレイ（HMD）は、高価でかさばる。消費者向けに売られているHMDは、どれ一つとして普及していない。

しかし、この新しいデジタルインターフェースをめぐるのは、一般向け製品の開発競争が始まっており、巨大テクノロジー企業と新興企業の両方が参戦している。「AR対応のHMDは、いずれスマートフォンやタブレットの市場を揺るがす」という見通しの下、ウェアラブル開発に資本が流入している。消費者は、いまはスクリーンをついた機器を持ち歩いているが、やがてその代わりに、ARインターフェースをサングラスと同じように何のためらいもなく着用し、そのままの状態ですすようになるだろう。

本稿では、企業が可視化、指示や案内、相互作用の向上を目指して、ARを活用する様子を紹介してきたこれらの機能を備えたHMDは、多くの製品やデータ形式と消費者とをつなぐ役割を果たすだろう。消費者は手振りや音声コマンドを使って、

電化製品、オーディオ機器、暖冷房、照明器具、警報装置など、身の回りの機械やデバイスを操作したり、それらに関する情報を得たりする、と考えられる。

こうしたAR体験の先導役を果たすが、スマートグラスである。必要な時に必要な場所で、視界に仮想画面を表示して、「タイヤの交換はどのようにするか」「地下鉄の入り口はどこか」「あの標識は何を意味するか」といった指示、案内、あるいは旅行情報提供（この標識は私の言語では何というのか）の求めに応じるのだ。

次世代ウェアラブル機器の主流になるのは、どのような形状だろうか。グーグルは先見性を発揮し、グーグルグラスを引っ提げていち早くこの市場に参入したが、高価格やプライバシー絡みの懸念など、さまざまな理由により失速した。続いてマイクロソフトがホロレンズを発売した。

ホロレンズを有望視する向きは多いが、価格は三〇〇〇ドルと高く、視界が狭く、ややかさばる（眼鏡よりヘッドセットに近い）。ホロレンズは、産業用途の一部には適することが判明するかもしれないが、いまだ消費者向けとはいえない。

秘密主義で知られるアップルも、

使い勝手のよいスマートグラスを開発中だという憶測を呼んでいる。これが事実である可能性は、二〇一七年半ばにARアプリの開発者向けソフトウェア、ARキットを発表し、秋にはAR機能を搭載したiPhone X<sup>デ</sup>を発売していることからうかがえる。

グーグルは先頃、グーグルグラスの改良版を発売するとともに、ARコアを公開し、ARキットに対抗している。他にも多数の企業がこの市場に参入している。たとえば、マジック・リープという新興企業は、仮想網膜ディスプレイを開発するために、すでに一四億ドルを調達した。オスターハウト・デザイン・グループ（ODG）、ビュージックス・コーポレーション、メタの三社は、サングラスのような形状のVRディスプレイを開発、提供している。

これは大いなる賭けである。スマートグラス戦争を制する企業は、デジタル世界や物理世界と人間とのつながりを、一〇年前のiPhoneよりもはるかに大きく変える技術を支配下に置くことになる。モバイル機器をめぐるこの次なる競争によって、どの企業が「世界で最も価値ある企業」の称号を手にするのか、その行方は混沌としている。