

# IoTと拡張現実で データの 力を解き放つ

2020年3月

筆者：Zia Yusuf、Vladimir Lukic、James Heppelmann、Craig Melrose、Neeru Ravi、  
Usama Gill、Andres Rosello





ボストン コンサルティング グループは、ビジネスや社会のリーダーとともに戦略課題の解決や成長機会の実現に取り組んでいます。BCGは戦略コンサルティングのパイオニアとして1963年に創設されました。今日では、クライアント組織の全面的なトランスフォーメーション（構造的変革）を支援することで、複雑な企業変革を促し、組織の成長を可能にし、競争優位性を構築し、収益へのインパクトをもたらしています。

組織が成功するためには、デジタルと人間の能力を融合させることが不可欠です。BCGのグローバルで多様性に富むチームは、産業や経営トピックに関する深い専門知識と企業変革を促進する幅広い視点を有します。これらに加え、テクノロジー、デザイン、コーポレート&デジタルベンチャー、パーパスなどの各領域の専門知識も活用し、経営コンサルティングを通じてクライアントの経営課題に対しソリューションを提供します。経営トップから現場に至るまで、BCGならではの協働を通じてクライアント組織に大きなインパクトを生み出しています。

PTCは、企業の製品とサービスの差別化、優れた運用性の向上および従業員の生産性の向上を可能にする、市場実績の高いソリューション群を提供し、インダストリアル・イノベーションを推進します。

PTCとそのパートナー・エコシステムを活用することで、製造業は現在の新技術の可能性を活かし、デジタル・イノベーションを推進できます。

# IoTと拡張現実で データの力を解き放つ

計り知れない可能性を秘めた前途有望なテクノロジーであるAR（拡張現実）は、IoT（モノのインターネット）の可能性を最大限に解き放つカギとなるものとして注目を集めています。ARアプリケーションは、IoTデバイスやコンポーネントが生み出す様々な種類のデータを活用して、従業員の有効性や生産性の向上に役立っています。

売上と利益の2桁成長を促すコスト削減、収益増加、利益率向上の好循環をすばやく生み出すために、企業はIoTとARを断片的に捉えるのではなく、これらのテクノロジーを組み合わせた戦略を策定する必要があります。本レポートでは、これらのテクノロジーの利点を企業がどのように活かすことができるかを分かりやすく説明した、ダウンロード可能なIoT-ARアプリも提供しています。

## ARとIoTを組み合わせるべき理由

ほとんど気付かれないうちに、IoTコネクテッドデバイスの台数は2016年の約60億台から2018年には110億台に増加し、Gartnerによると、2020年には200億台に達するだろうと言われています。この増加は、文字通りデータのビッグバンを引き起こしました。Cisco SystemsとIDCの見積りでは、IoTにより生成されたデータの量は、2016年では約22ゼタバイト（22兆ギガバイト）であったのに対し、2019年には2倍以上の52ゼタバイトに膨れ上がりました。そして、2021年には85ゼタバイトに達する見込みです。

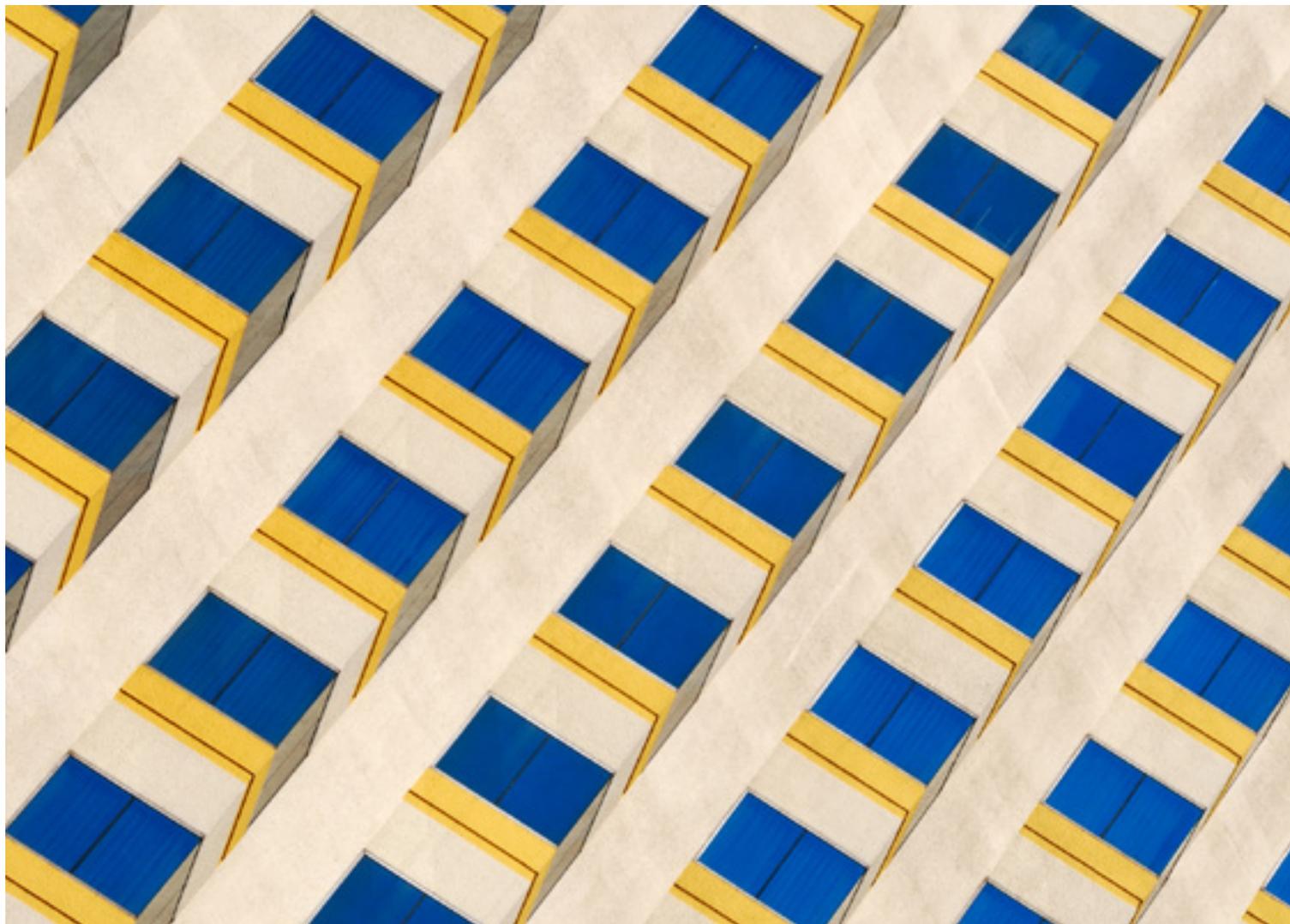
しかし、データ量の急速な増加に対応できず、多くの企業が収集したすべてのデータを利用しきれていないというのが現状です。膨大なデータ量により処理速度が低下し、その結果、データがデータレイクに停滞してしまっているのです。さらに、データセットが一貫した順序になっておらず、データベースのソースが多すぎるために合成が不可能な状況です。その結果、多くの企業が、従業員が適時に適所で利用可能な「データに基づくインサイト」を創出することが困難だと感じています。

ビッグデータを効果的に利用する上で見落とされがちなもう1つの課題は、標準的なビジュアライゼーションツールです。これらのツールは、様々なソースから収集したデータを表示するのに必ずしも効果的とは言えません。ところが、ほとんどの人は、データをすばやく理解するために視覚的な表示を必要としています。

ここでARが役立つのです。データ分析を可能にするため、IoTデバイスが物理世界からデータを取り込み、ARデバイスがそのデジタルデータを人が閲覧したりやり取りできる形に変えて物理世界に戻します。（次のページの「IoT-ARソリューションのハイライトスポット」をご覧ください。）

ユーザー自身が仮想環境に入らなければならない仮想現実アプリケーションとは異なり、ARアプリケーションはデジタル情報をユーザーの物理環境に重ね合わせます。例えば、ARアプリケーションではデジタルコンテンツをライブカメラフィードに追加し、コンテンツを物理世界の一部かのように見せることができます。そうした機能により、ユーザーはより直感的にデータとやり取りできるのです。

数社の企業が、人工知能を用いて膨大な量の多種多様なデータ（IoTデータを含む）を抽出し、いくつかの重要なアクションに転換するARアプリケーションを開発しています。これらのアクションは従業員に適時に適所で提示され、情報に基づく意思決定とタスクの適切な実行を可能にします。多くの業界で、IoT-AR戦略を試していない企業は、競合企業に後れを取るリスクを負うことになります。



## IoT-ARソリューションのスイートスポット

IoT-ARソリューションが最も有用となるのは、自動システムではなく従業員が一部または全部の判断を行い、作業員が機械や空間のような対象物を効果的に扱うためにデジタルデータを必要とするような業務上の場面です。

IoT-ARアプリケーションはまた、膨大な量の多種多様なコンテキストデータを1つのビューに集約して表示すると判断が容易になるような場面や、従業員がリアルタイムで物や環境を効果的に扱うために両手を必要とする場面、目に見えない物体や部品を扱う必要がある場面などに非常に有用です。

## IoTとARの利用が急増

拡大するARのビジネス利用：ARは当初試験運用されていたマーケティング・営業部門の枠を越えて、企業に幅広く導入される傾向が高まっています。（「**拡張現実：カメラは広告業界の次なる目玉となるか**」[BCGレポート、2018年4月]をご覧ください。）なかでも、製造、オペレーション、サービス、トレーニングなどの機能への導入が拡大しています。（“**Rolling Out Augmented Reality in the Field,**” BCG article, October 2018をご覧ください。）専用デバイスの開発よりも、ARに対応したスマートフォンやタブレットの普及がARの利用拡大を促進しています。

利用拡大のトレンドを把握するため、BCGとPTCは、IoTおよびARソリューションのいずれかまたは両方を利用している企業の経営幹部200名以上を対象に定量調査を実施しました。我々はまた、数名の上級役員の方々にもインタビューを行いました。驚いたことに、多くの回答者がIoTとARを互いを補完するものとみなしていました。調査対象企業の81%がIoTを利用しており、ARの利用を検討中と回答した一方で、AR単体のソリューションを開発中の企業の約76%が、自社のアプリケーションにIoTを追加することに価値があると思うと回答しました。

**IoT-ARソリューションは、大量の多種多様なコンテキスト固有データを単一のビューに統合することにより、従業員がよりスマートな意思決定を行えるよう支援します。**

IoTとARを組み合わせて利用することが最近のトレンドとなっています。2010年以降にIoT-ARソリューションを試した企業はごくわずかでしたが、2017年以降はその数が急激に増加しています。さらに、調査対象企業の80%以上が、IoT-ARソリューションは今後5年間で自社の業界の標準となるだろうと予想しています。この調査ではその他にも、以下の5つの領域における重要なトレンドが浮き彫りになりました。

- **業界：**いくつかの業界が、他に先駆けてIoTとARテクノロジーの利用を同時に進めています。重工業が先陣を切り、テクノロジー、エンジニアリング、航空宇宙、通信、およびメディアがそれに続いています。設備保全などの機能では、IoTとARアプリケーションはすでに最先端の象徴となっています。
- **設計：**我々の調査によると、IoT-ARの試験導入は47%の企業がIoTの利用から始め、のちにARを追加しています。しかし、上級役員とのインタビューによると、最初からIoTとARテクノロジーを組み合わせたソリューションを開発したほうが、導入も簡単で、得られる価値も高かったとコメントしています。
- **デバイス：**調査対象企業では、多くのIoT-ARアプリケーションユーザーが複数のARデバイスを使用しています。スマートフォンが最も多く（51%）、次いで、Microsoft HoloLens（39%）、Google Glass（18%）、自作デバイス（17%）、ヘッドマ

ウントディスプレイ（16%）、RealWearウェアラブル（11%）、Magic Leapディスプレイ（9%）となっています。

- **組織構造：**調査対象企業のうち、85%がすでにIoTとARアプリケーションをセットで開発および導入し管理しており、それらの企業のうち77%がAR専用の予算を設けています。
- **対価：**調査対象企業のうち、約80%がIoTとARへの投資を3年以内に回収することを期待していたと答えており、26%が1年以内に投資を回収しています。実際、両方のテクノロジーを導入した企業、または試験導入の最終段階にある企業の半数が、すでに社内でその価値を実証しており、約35%がこれに続こうとしています。

## 職場におけるIoTとAR

我々は調査とインタビューで、30件を超えるIoT-ARのユースケースを特定しました。それらを詳しく見てみると、IoT-ARの使用が人間の活動をどのように拡張し、ビジネスにどのような影響を与えるかを考慮することにより、意味のある分析ができることが分かりました（[図表1参照](#)）。

IoTとARアプリケーションは、以下の3つの方法で人間を支援することができます。

- **データを可視化し、環境とやり取りする：**IoT-ARソリューションは、従業員がデータを可視化、分析および理解できるように支援し、ひいては、環境の中を効率よく移動することを可能にします。人間はデータを3次元で見ることで、より直感的に理解することができます。学習科学によると、問題解決に当たっている従業員に関連性の高いデータや知識を提供することが、彼らの作業を支援する上で最も効果的な方法だと言われています。従業員がデータを可視化し、環境とやり取りすることを可能にするIoT-ARのユースケースのうち、20%が作業員のスペース管理を支援するものでした。
- **問題を診断する：**IoT-ARアプリケーションは、様々な種類のデータを単一のビューに統合するため、従業員は物体や空間をより適切に分析し、対象物とその周囲の環境に存在する問題を診断することができます。例えば、これらのアプリケーションを使うと、従業員は複雑な機械の問題を、機械を開けることなく特定し、棚をあちこち探し回ることなく部品を見つけることができます。従業員が問題を簡単に診断することを可能にするIoT-ARユースケースのうち、22%が設備や物体の管理を支援するものでした。
- **アクションを起こす：**IoT-ARソリューションは、大量の多種多様なコンテキスト固有データを単一のビューに統合することにより、従業員がよりスマートな意思決定を行えるよう支援します。また、IoT-ARアプリケーションで、従業員は遠隔地にいるエキスパートとつながり、リアルタイムでガイダンスを受けることができます。従業員がアクションを起こすことを可能にするIoT-ARユースケースのうち、15%が人間の能力を高めるものでした。

図表1 - IoT-ARに関する調査で33のユースケースを特定

人間の活動を拡張するユースケース

		データを可視化し、 環境とやり取りする	問題を診断する	アクションを起こす
ビジネスケースバイパリティ（組織能力）を高めるユースケース（%）	 人間の能力を高める	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 装置の組立、使用および保守</li> <li>● 法律および軍事トレーニング</li> <li>● パイロットのトレーニング</li> <li>● 医療従事者のトレーニング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 保険金請求</li> <li>● 遠隔サポート</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ヘッドアップディスプレイによるナビゲーション</li> <li>● 消費者サービス</li> <li>● 手術</li> <li>● デジタルアビエーション</li> <li>● パーソナルヘルスケア支援</li> </ul>
	 スペースを管理する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 機能的なスペース設計と最適化（倉庫、店舗および都市）</li> <li>● 消費者のナビゲーション</li> <li>● ロケーションベースのデジタルマーケティング</li> <li>● 在庫監視</li> <li>● 安全およびハザード対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スペースと環境の監視</li> <li>● 農場の監視</li> <li>● ビルおよび施設の点検</li> <li>● 回診の最適化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● オーダーピッキング</li> <li>● 空間的最適化（オーダーピッキングや発送の最適化など）</li> </ul>
	 装置や物体を管理する	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 製品設計</li> <li>● 建築設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 資産の品質保証</li> <li>● オペレーション監視</li> <li>● 装置の監視および診断</li> <li>● 品質管理</li> <li>● 生産ラインの最適化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 組立作業の指示</li> <li>● 資産の設置</li> <li>● 保守の指示およびガイダンス</li> <li>● 操作員への指示（精密加工や大型産業機器）</li> </ul>
		13%	9%	15%
		20%	4%	3%
		3%	22%	12%

出典：BCG-PTCによるIoT-ARに関する調査とエキスパートインタビュー、BCGによる分析。

注：パーセンテージは、特定のユースケースのカテゴリに関連する調査の回答割合を示しています。複数回答が認められています。

これら3つの方法は相互の上に成り立っています。問題を診断するには、データを可視化し、環境とやり取りしなければならず、アクションを起こすには、問題を診断する必要があります。

IoTとARテクノロジーはまた、以下の3つの領域でビジネスに影響を与えます。

- **人間の能力を高める**：企業はIoT-ARソリューションを利用して、従業員が複雑な業務のやり方をより簡単に学べるよう支援することができます。例えば、企業はIoT-ARアプリケーションを用いて、製品のシミュレーション映像にIoTデータを重ねることにより、工場の従業員に装置の組立方法や機械の使用方法に関するトレーニングを実施することができます。同様に、病院でも医療技術者のトレーニングにこれらのソリューションを活用することが可能です。

- **スペースの管理**：IoTとARテクノロジーは、工場や倉庫、小売店などの物理的スペースから取得した細分類されたデータを、企業が理解する上で役立ちます。機能領域をうまく管理するためには、細分類されたデータを理解することが重要です。例えば、企業はIoT-ARアプリケーションを用いて、売れ行きの良い製品に割り当てるスペースの量を決定することにより倉庫の使用を最適化し、在庫の健全性を監視し、搬出するべき古い在庫を特定することができます。このアプリケーションではまた、IoTデータとARデバイスを用いて作業員に最も効率の良いルートを示し、倉庫内をガイドすることも可能です。このようなアプリケーションを導入することにより、必要な運転資金を削減し、エネルギーコストを節減し、労働生産性を向上させることができます。



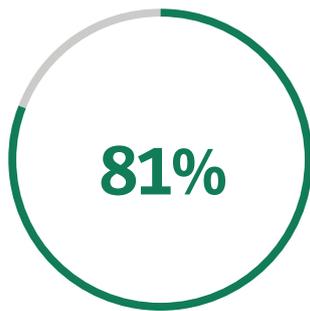
設備保全などの機能では、  
IoTとARアプリケーションは  
すでに最先端の象徴と  
なっています。

同様に、企業はARを使用して、ビーコンやモバイルアプリ、ビデオ解析を用いて収集した客足データを小売店の構成図に重ね合わせ、最適な店舗のレイアウトを特定することができます。さらに、ARヘッドセットに店内のセンサーから取得したIoTのライブデータを映し出すことで、マネージャーが商品棚の間の通路を見回り、問題を発見することが可能になります。例えば、製品が在庫切れになっていた、誤った場所に陳列されていたり、誤ったバーコードが貼付されていたりすると、アラートを表示して知らせることもできます。

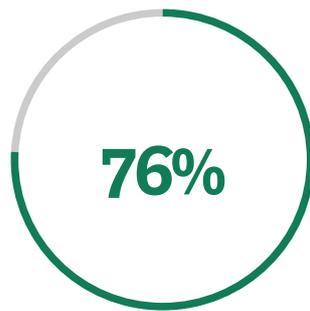
- **設備の管理**：IoTデータを機械のコンポーネントの画像に重ね合わせて表示するARアプリケーションを作成することで、従業員が複雑な装置の微調整や修理が行えるよう支援することができます。このような画像を使用することで、機械内部の見えにくい部分さえも「見る」ことが可能になるため、作業員は簡単に問題を診断できるようになります。作業員が修理を行っている間、ARを使って画像にステップ・バイ・ステップの指示を重ね合わせたり、遠隔地にいるエキスパートからのガイダンスをリアルタイムで表示したりすることができます。場合によっては、現在の手順が完了したことがデジタル処理で確認できてからしか、次の修理手順が作業員に対して表示されないようにすることで、修理の品質を高めることもできます。

店舗フロアでは、技術者に各自の業務に関連したIoTデータを可視化できるARデバイスを装着させることもできます。例えば、生産ラインの機械にIoTセンサーが埋め込まれていれば、ARメガネを装着している技術者がフロアを巡回して、装置が正常に機能しているかどうかを確認することができます。技術者が装置に近づくほど、より具体的な情報を得ることができます。IoT-ARアプリケーションを使うと、組立ライン全体から問題箇所を見つけることも容易になります。

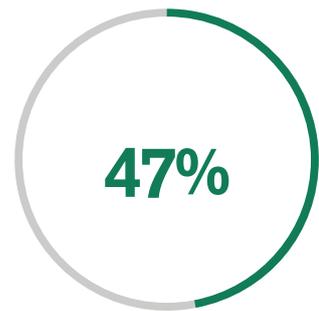
装置を設計する際には、企業はIoTデータをデジタルモデルにフィードし、ARを使って拡張したそれらのモデルとやり取りできるため、設計者は設計した装置が現実世界でどのようなパフォーマンスを発揮するかをはるかに正確に知ることができます。例えば、その装置の映像は、デザイナーが最もよく使われる機能を特定し、装置の設計とパフォーマンスを改善する上で役立つ可能性があります。同様に、建物やその周辺に設置されたカメラや温度センサーのようなリモートIoTデバイスは、データの収集を可能にし、企業はそれをもとにデジタルツインを作成することができます。このような仮想モデルとARデバイスを組み合わせることにより、建築家や工事請負業者、建築業者はデータとやり取りし、より良いアイデアを提供することができます。そして何より、水道管や電気配線の配置を改善することが可能になります。



現在IoTを使用しており、ARの使用も検討している回答者の割合



現在AR単独のソリューションを開発しており、IoTを追加することに価値があると考えている回答者の割合



IoTテクノロジーを先に導入して、後からARを追加した回答者の割合



IoTとARをセットで管理している回答者の割合。うち77%がAR専用の予算を設けている



IoT-ARへの投資を3年以内に回収することを期待していた回答者の割合



IoTとARの利用価値をすでに実証している回答者の割合

## IoTとARを活用してパフォーマンスを向上

IoTとARの導入は、企業が収益アップを実現する最もスピーディな方法です。IoT-ARソリューションを活用すれば、企業は多くの場合同時に3つの方法で業績を改善できます。

- **コスト削減**：企業はIoTとARテクノロジーを活用して労働生産性を高め、資材の廃棄率を削減し、資産のダウンタイムを短縮し、運転資金を最適化することで、コストを削減することができます。しかも、これはほんの手始めに過ぎません。コンテキスト固有データをリアルタイムでレンダリングし、装置の修理に対応する作業員を支援するIoT-ARソリューションなどのシンプルなアプリケーションでさえ、初回修理完了率を向上させ、エラーを減らすことができます。これらはいずれも資材のコスト削減と技術者の再訪問の排除につながるものです。
- **収益アップ**：企業はIoT-ARソリューションを導入することによりオペレーションのスピード化を図り、それにより事業の生産性を高めることができます。また、これらのテクノロジーを活用して、収益化の可能性のある新しい製品やサービスを開発することもできます。例えば、顧客維持や顧客離れの抑制、アフターサービスの契約顧客数の増大に役立つようなIoTとARを基盤としたプレミアム・メンテナンス・サービスの創設などが考えられます。
- **戦略的価値の創出**：IoT-ARソリューションの付加価値は、ブランドエクイティの向上、顧客満足度の向上、リスクの緩和など、様々な方法で生まれます。例えば、ARを使って倉庫内を安全に移動できるよう作業員を誘導することにより、職場環境を改善することができます。

## IoT-ARアプリケーション

IoT-ARソリューションがいかに大きな金銭的リターンを生み出すことができるかを強調するため、我々は2つのケーススタディについて調査し、それらを具現化するためのIoT-ARアプリを開発しました。このアプリを使うと、これらのテクノロジーがいかに設備保全と倉庫のコストを削減できるかをデモで見ることができます。

**IoTとARを活用して、設備保全のコスト削減と収益増大を実現。**アフターサービスは、工業製品メーカーにとって実入りの良い収益源です。というのも、ほとんどの顧客が購入した資産の保守管理契約を結ぶからです。しかしメーカーは、より良いサービスをより低コストで、より迅速に提供してほしいという顧客からの高まる要望に直面しています。さらに、多くのメーカーは拡大するスキルギャップにも対応しなければなりません。団塊の世代が現役を退くと、企業は彼らの経験と専門知識を一気に失うこととなります。こうした状況を背景に、設備保全にIoT-ARソリューションを活用することで、以下のような様々な問題に対処できます。

- **予想外のダウンタイム**：IoTテクノロジーは機器を常時監視して、機械や生産ラインの動作について早期に警告信号を発生させることができます。IoT-ARソリューションは、IoTのパフォーマンスに関するリアルタイムデータ、高度なアナリティクス、そしてARテクノロジーを利用して、こうした警告をスタッフに送り、スタッフが予防保守を計画できるようにします。
- **プロジェクトの遅延とコストの増大**：IoTデータとアナリティクスにより、設備のダウンタイムによる影響が最も少ないタイミングと、どの部品が点検または修理が必要かを判断することができます。このようなガイダンスは、プロジェクトの遅延とコストの増大を避けるのに役立ちます。
- **修理の長い待ち時間**：フィールド・サービス・エンジニアは通常、設備のある現場を訪問して修理を行う必要があるため、ダウンタイムが長くなりがちです。しかし、ARを介した遠隔サポートと、IoTダッシュボードのデータへのアクセスを組み合わせることで、現場にいる経験の浅いエンジニアが自力では解決できないような問題に対応できるようになります。
- **トレーニング時間の増大**：今後、経験豊富な従業員が引退していきます。その結果、会社はより多くの時間を、複雑な作業のやり方を新人に教えるためのトレーニングに割かなければなりません。ARデバイスなら、分かりやすいステップ・バイ・ステップの指示を対象物に重ね合わせて、従業員に必要なガイダンスやOJT（職場内訓練）を提供することができます。
- **修理品質の低下**：IoTとARテクノロジーを活用すると、設備が正しく修理または点検されたかどうかを確認し、さらにAR主導型の作業指示により修理品質を高めることができます。

Global Foundries、Howden Group、Sysmex、およびVolvo Groupなどいくつかの企業では、保守の問題への対応や、顧客へのセルフサービスオプションの提供、品質向上のためにIoT-ARソリューションを導入しています。これらのOEM企業では、IoT-ARソリューションがサービス提供のスピードと質を劇的に改善し、顧客満足度の向上と消費者離れの抑制につながっています。

IoT-ARソリューションを導入することにより、企業はかなりの経済的利益を実現しています。

- **労働生産性の向上**：AR主導型の指示を提供することで、修理にかかる時間を削減し、労働生産性を向上させることができます。遠隔サポートによりエキスパートの出張が不要になるため、一人ひとりのスペシャリストがより多くの修理サービスの依頼電話に応えることができるようになります。
- **資源廃棄率と修正作業の削減**：ARベースの指示をIoTによる確認作業と組み合わせることで、修理を確実に1回で完了させることができます。これにより、修正作業や部品の再発注の必要がなくなります。

# 修理サービスにおける 5つの問題点

IOTとARを利用していない従来のシナリオ

1

企業は掘削機が故障するまで修理が必要なことに気付かない。そのことが原因でダウンタイムが発生する。

2

予定外のダウンタイムによりプロジェクトが遅延し、コストが増大。さらに、交換部品を待っている間、時間のロスが発生する。

5

修理中、複雑なマニュアルを読み解く際に間違いが発生。また、修理の品質が確認または記録されていない。

3

誤った診断が下され、エキスパートが正確にトラブルシューティングを行うため現場へ出向く必要が生じた場合に、時間が無駄になる。

4

経験豊富な作業員が現役を退く。その結果、複雑な作業のやり方を新人に教えるためのトレーニングにかなりの時間を奪われる。

- **コスト削減**：IoT-ARトレーニングソリューションを活用すると、経験の浅いエンジニアに修理を任せられることができるため、人件費を削減できます。これらのアプリケーションなら、OJTをオンデマンドで提供することができるため、トレーニングコスト削減にもつながります。
- **顧客離れの抑制**：IoT-ARソリューションは、企業の顧客対応スピードとサービス品質を高めることができます。その見返りとして、企業は実入りの良いアフターサービス契約の更新率をアップさせ、新しい契約機会を成約へと結びつけることができます。
- **新たなサービスや能力の提供**：付加価値のある新しいIoT-ARサービスや能力を開発することで、メーカーは既存の顧客から収益を創出する機会を拡大することができます。そのようなサービスや能力は、企業のブランドエクイティを構築する上でも役立ちます。

IoTとARを組み合わせたソリューションがいかにコストを低減し、収益を増大することができるかを示すため、我々は現実世界のデータを使ってケーススタディを作成しました。我々のケーススタディで取り上げるメーカーは、アフターサービスの年間収益が10億ドルまたは事業の年間収益の30%を占め、1,000人のサービスエンジニアを雇用しています。

IoT-ARソリューションを導入し、雇用しているサービスエンジニアの20%~30%と併用することで、このメーカーは収益10億ドルにつき1,300万~3,000万ドルの純便益を上げるポテンシャルがあることが分かりました。また、この範囲の上限付近の成果を達成している企業が多く見られました。(図表2参照)。

我々の計算では、企業がソリューションを自社のサービスエンジニア全員に展開した場合に、利益のポテンシャルがさらに大きくなります。この利点はメーカーの枠を超えて、資産のダウンタイムの短縮やアセットパフォーマンスの向上という点で、顧客にも大幅なコスト削減効果をもたらします。

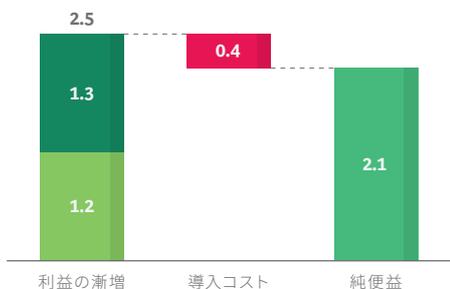
## 図表2 - 企業はIoT-AR保守管理ソリューションを導入することによりリターンを増大できる

### 利益の漸増

	経済的影響	影響を受ける事業領域 (収益に占める割合 [%])	業績改善 (%)	利益 (収益10億ドルあたり)	利益 (収益に占める割合 [%])
コスト	労働生産性の向上	対象となる人件費： <b>1.5~2.0</b>	オペレーションの迅速化による人件費の低減 <b>45~55</b>	700万~1,100万ドル	0.7~1.1
	就労者の訓練にかかるコストの低減	トレーニングコスト： <b>0.5~0.6</b>	トレーニングコストの低減： <b>20~30</b>	100万~200万ドル	0.1~0.2
	リワークコストの減少	再訪問コスト： <b>0.6~0.8</b>	初回修理完了率の向上： <b>30~50</b>	200万~400万ドル	0.2~0.4
収益	顧客離れの減少と新規サービスによる収益増加	対象となるサービスの収益： <b>6.0~9.0</b>	サービスの収益の向上： <b>10~20</b>	600万~1,800万ドル	0.6~1.8



### 企業の収益に占める割合で見る平均的な影響



	利益の漸増	導入コスト	純便益
(%)	1.6~3.5	0.3~0.5	1.3~3.0
収益10億ドルあたり	1,600万~3,500万ドル	300万~500万ドル	<b>1,300万~3,000万ドル</b>

出典：BCGによる分析

注：我々のケーススタディでは、年間収益が約33億ドル、アフターサービスの年間収益が約10億ドルのメーカー1社を対象に評価しました。同社は1,000人のサービスエンジニアを雇用しており、IoT-ARソリューションを使用することができるのは、そのうち20%~30%に留まっています。端数処理のため、すべての数字の合計はここに示された合計と一致しません。

# IOT-ARソリューションがサービス提供の スピードと質を 劇的に改善

BCGとPTCのIoT+ARアプリを  
App StoreまたはGoogle Playから  
ダウンロードします。次に、デバ  
イスのカメラをこのページの画像  
に向け、AR service experience  
を起動してください。



1

## 予測監視

IoTアナリティクスは設備を  
プロアクティブに監視し、設  
備の健全性について早期に  
警告を発します。



2

## 点検と部品配送の スケジュール設定

IoTアナリティクスが、メンテ  
ナンスのためのダウンタイム  
による影響が最も少ないタイ  
ミングと、どの修理部品が必  
要かを判断します。



3

## データ駆動型の 診断

ARを介した遠隔サポートと  
IoTデータへのアクセスによ  
り、エキスパートの出張時間  
を削減し、経験の浅いエンジ  
ニアが問題を診断できるよう  
支援します。



4

## ガイド付き修理作業 とトレーニング

IoT-ARソリューションが装  
置の上にわかりやすいステ  
ップ・バイ・ステップの指示  
を重ね合わせ、ガイド付き  
修理作業と没入型のOJT  
(職場内訓練)を可能にし  
ます。



5

## 初回修理完了率の向上

IoT-ARソリューションが点  
検・修理が正しく行われた  
かを判断し、作業員のパフ  
ォーマンスを追跡します。

2

確かに企業は、IoT-ARソリューションの代わりに他のオプションを利用することもできます。その1つが、エンジニアのスキルを適切なタスクにマッチさせる方法で、これによりエラー件数を減らし、初回修理完了率を向上させることが可能です。純粋な人的ソリューションは低コストになる可能性が高いですが、IoT-ARソリューションが提供するすべての利点を提供することはできません。例えば、前者のオプションでは、作業を請け負うエキスパートの出張費用を削減したり、トレーニングに関する利点を提供したり、新しい技術者が短期間で作業スピードを上げることを支援したりすることはできません。

ケーススタディを具現化するために、BCGとPTCは共同でIoT+ARというアプリを開発しました。このアプリでは、ユーザーが3Dで設備の保守管理ソリューションを体験することができます。このアプリはiOSおよびAndroid端末でダウンロード可能です。このアプリでは、ユーザーが技術者の視点に立って、IoTおよびARによるステップ・バイ・ステップの指示に従い、掘削機の修理を体験することができます。

**IoTとARを活用して、倉庫のコストを縮小：**我々が作成した2つ目のケーススタディでは、オーダーピッキングに焦点を当てています。巨大倉庫では、発送または配達のために製品を選別する作業は、広大なスペースの中を作業員が移動しなければならないため、処理に時間がかかります。たいていの場合、製品の場所は出入口にのみ掲示されているため、倉庫内にいる作業員が製品の場所を正確に知ることは困難です。そのため作業員は、製品を探すのに多くの時間を費やし、最適ではないルートを通して目的の製品にたどり着きます。さらには、クリップボードやチェックリストを持ちながら、かさ高い製品を持ち上げるため、事故や製品の破損につながるものが多く、明確な指示なしで作業を行うこともこのリスクを増大させます。

IoT-ARソリューションを活用すると、オーダーピッキング作業を迅速化し、生産性を高めることができます。いくつかの企業（DHL、Intel、Boeingなど）では、自社の倉庫全体にIoTセンサーを配備し、ヘッドマウントARデバイスを装着した作業員の視界に指示を重ねて表示することで、作業員を製品の場所まで誘導しています。これらのソリューションは、作業員が最短ルートで製品の正確な場所にたどり着けるよう支援します。作業員が製品を見つけると、装着しているヘッドセットのカメラが製品をスキャンし、チェックリストからその製品を削除するため、作業員は空いた両手で製品を扱うことができます。

企業はIoT-ARウェアハウスソリューションを導入することにより、以下のような様々な利点を得ることができます。

- **労働生産性の向上：**IoT-ARアプリケーションを使うと、倉庫内の最適なルートを示して時間を短縮し、オーダーピッキング作業に必要な作業員の数を削減できます。

- **廃棄率の低減：**AR主導型の指示に従うことで、製品破損のリスクを軽減することができるため、保険のコストと資材の廃棄率を下げるすることができます。
- **処理速度の向上：**IoT-ARソリューションを活用して作業スピードを高めることで、従来のボトルネックが緩和できます。
- **リスクの低減：**AR主導型のナビゲーションにより、安全性が高まり、事故を減らすことができるため、倉庫の作業環境が改善します。
- **ブランド評価の向上：**IoTによる位置追跡を活用することで、企業は常時、製品（特に高価な製品）の位置を追跡することができます。配慮の行き届いたサービスを高い処理速度で迅速に提供することにより、新たなビジネスチャンスが生まれ、企業の評判を高めることができます。

このケーススタディでは、大量の製品の輸送を管理する物流企業に焦点を当てています。この企業はタイトなスケジュールで業務を行っており、世界中に複数の倉庫を所有しています。ほとんどの製品のピッキング作業は、約90,000人の従業員で構成される同社の労働者が手作業で行っています。

我々の見積りによると、このような企業は収益200億ドル規模の場合で、年間約30億ドルの件数費をオーダーピッキング作業に費やしています。IoT-ARの初回導入時に、労働者の3分の1を対象にIoT-ARを配備したところ、同社は収益10億ドルにつき年間350～700万ドルの純便益を上げることができました。この純便益は、ソリューションの配備を残りの労働者にも拡大するにつれて、時間の経過とともに上昇の一途を辿りました（[図表3参照](#)）。

もちろん、IoT-ARソリューションは、倉庫のオーダーピッキングや梱包仕分けの問題に対処する唯一の方法ではありません。ロボットを使用する方法も考えられます。一般的により高コストではありますが、大きな倉庫を所有しており、同種の小型製品を取り扱う利幅の大きい産業には、ロボットは適していると言えます。企業は様々なソリューションを試してみて、自社に最適なテクノロジーを特定する必要があります。

BCGとPTCのIoT+ARアプリがこれを具現化します。このアプリでは、IoTとARを活用した製品ピッキング作業を体験することができます。このアプリはiOSおよびAndroid端末でダウンロード可能です。このアプリでは、ユーザーが倉庫作業員の視点に立って、IoTおよびARを活用することで、いかにすばやく安全に製品を見つけられるかを体験することができます。

# 倉庫業務における5つの問題点

IOTとARを利用していない従来のシナリオ

1

製品の場所とステータスはスキャン場所ではしか確認できない。

3

製品は手作業で仕分け・スキャンされている。

4

作業員は不明瞭な指示に従って作業を行っているため、事故のリスクが高い。

2

作業員は自身の判断により、紙のピッキングリストを頼りに倉庫内を移動するため、注文フルフィルメント処理が遅い。

5

従業員は自身の判断によりトラックに積載するため、スペースが効率よく利用されていない。



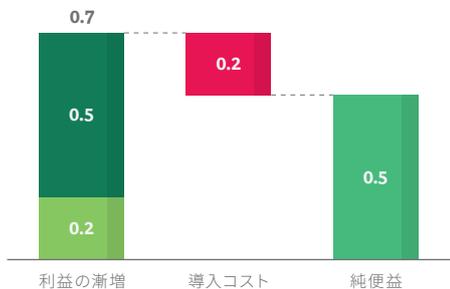
# 図表3 - IoT-ARオーダーピッキングソリューションを活用して生産性を高めることは、最終利益の向上につながる

## 利益の漸増

	経済的影響	影響を受ける事業領域 (収益に占める割合 [%])	業績改善 (%)	利益 (収益10億ドルあたり)	利益 (収益に占める割合 [%])
コスト	労働生産性の向上	ピッキング作業の人件費： ~20.0	人件費削減： 1.5~3.0	300万~600万ドル	0.3~0.6
	資源の廃棄率削減	資源の廃棄： 0.5~1.0	製品破損の減少： 10.0	50万~100万ドル	0.05~0.1
収益	核となる事業の 生産性向上		収益向上： 0.1~0.3	100万~300万ドル	0.1~0.3



## 企業の収益に占める割合で見る平均的な影響



	利益の漸増	導入コスト	純便益
(%)	0.45~1.0	0.1~0.3	0.35~0.7
収益10億ドルあたり	450万~1,00万ドル	100万~300万ドル	350万~700万ドル

出典：BCGによる分析

注：我々のケーススタディでは、年間収益が約200億ドルで、年間約30億ドルの人件費をオーダーピッキング作業に費やしている物流企業1社を対象に評価しました。IoT-ARの初回導入では、従業員の3分の1に配備されました。

## ヘルスケア業界におけるIoTとARの活用

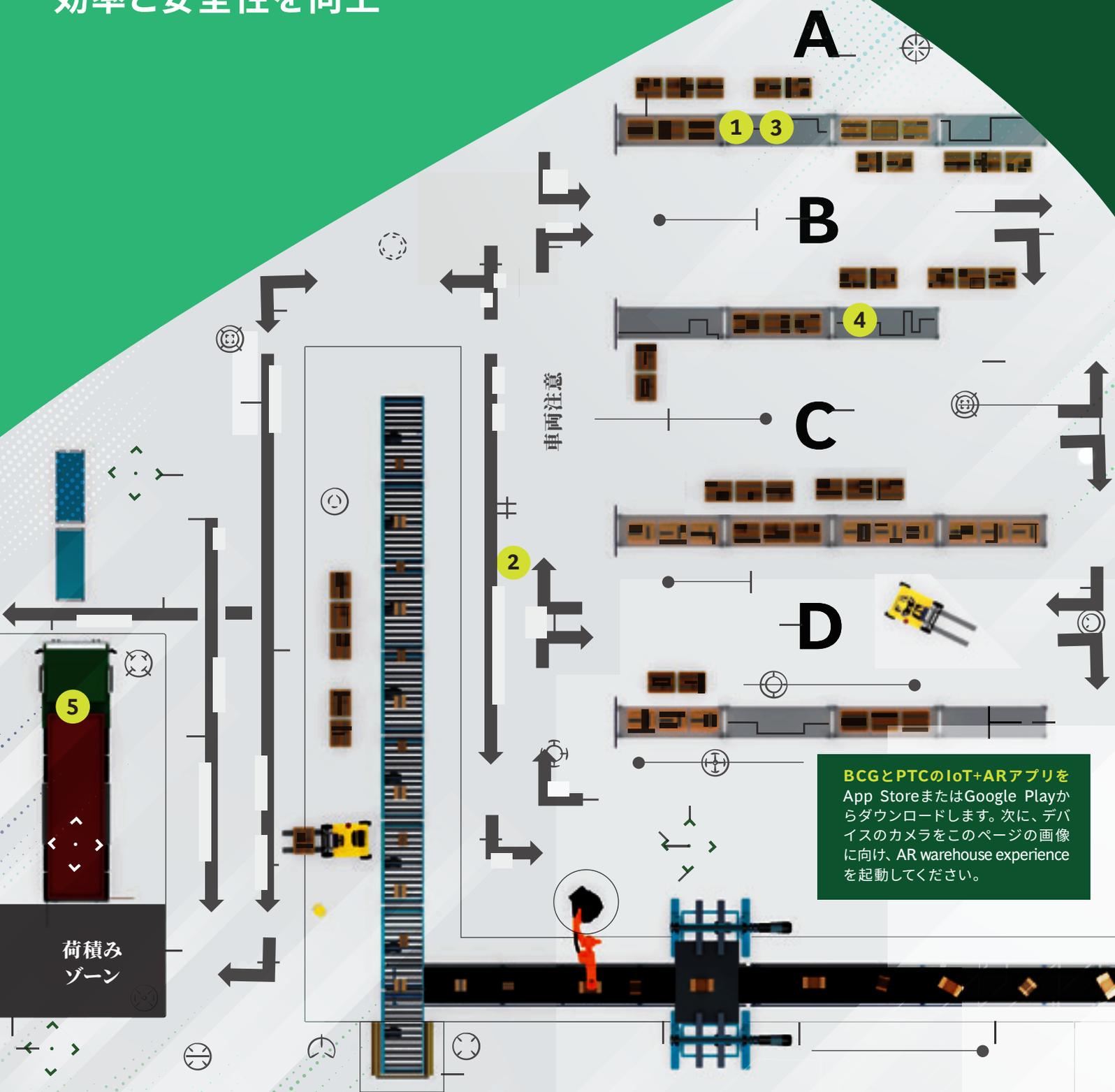
IoT-ARソリューションは単に収益増大とコスト削減に役立つだけでなく、社会的利益ももたらすことができます。例えば、これら2つのテクノロジーの併用は、ヘルスケアアプリケーションに大きな変革を起こす可能性があります。具体的に言うと、低侵襲手術は手術全体の約35%を占めていますが、このような手術の最中、医師は患者の体に小さな切開を入れ、超小型カメラと小型の器具を挿入します。これにより、患者の体に大きな傷や切開を入れることなく、体内を目的の場所まで移動することができるのです。

鍵穴手術とも呼ばれるこの手技は、過去20年以上かけて磨かれてきましたが、外科医はいまだにいくつかの課題を抱えています。挿入したカメラから送られる2次元のビデオストリームからだけでは、必要なすべての情報が得られないのです。さらに外科医は、ビデオ画面、生体信号モニター、立ち会っている外

科チーム、そしてもちろん患者など、いくつかの情報源からフォーカスを何度も切り替える必要があります。

一方、IoT-ARソリューションでは、ARヘッドセットを装着した外科医は、患者の体の上に映し出された診断画像の3Dモデルを見ることができます。このモデルは、患者の体の上または体内に配置した高精度のポジショントラッカーにより、患者の生体組織にぴったりと重ね合わされます。外科医は、簡単なハンドジェスチャーでこの3Dモデルを回転させたり、拡大/縮小したり、操作したりすることができます。患者のバイタルサインや生体信号は、最適なアングルや切る深さなどの指示とともに外科医の視界に重ね合わせて表示されるため、様々な要素を確認するために画面を切り替える必要がなくなります。外科医は手術全体を通して、ハンドジェスチャーや音声コントロール、目の動きで操作を行えるため、ボタンを押す必要がなく、患者から一瞬も目を離すことなく処置を行うことができます。

# IOT-ARソリューションは、 オーダーピッキング作業の 効率と安全性を向上



BCGとPTCのIoT+ARアプリを  
App StoreまたはGoogle Playから  
ダウンロードします。次に、デバイスの  
カメラをこのページの画像に向け、  
AR warehouse experienceを起動してください。

1



## 製品データへの アクセス

センサーの付いた製品の場所とステータスは、IoT-ARソリューションを利用して作業員やバリューチェーン全体に公開される。

2



## 倉庫内の最適化された ナビゲーション

IoT-ARソリューションが作業員に、ピッキングリストに記載されている製品の場所まで効率よく倉庫内を移動する方法を示す。

3



## ハンズフリーの 在庫スキャン

作業員が装着しているARヘッドセットが製品をスキャンし、正しい品目がピッキングされていることを確認して在庫を更新する。

4



## 安全性と正確性の 向上

IoT-ARソリューションが関連のあるデータを製品に重ね合わせて表示することで、安全性とスピードが向上。

5



## スペースの 有効活用

IoT-ARソリューションが作業員のARヘッドセットを介して、最適化された積載指示を配信する。

外科医にとっても患者にとっても、非常に大きな利点があります。外科医はほとんどミスなしで手術を行い、初回成功率を高めることができます。そのため患者は、回復にかかる時間が短縮され、合併症のリスクも低下します。世界中でいくつかの臨床試験が行われており、当局の承認が下りると、IoT-AR手術ソリューションは社会に非常に大きな利点をもたらす可能性があります。

## IoTとARを正しく理解する

IoT-ARソリューションは現在、変曲点にあります。いくつかの業界で最も最低限の要件になることが予想されます。企業は正しい出発点を選ぶ必要があります。つまり、最も大きいコストセンターと収益機会から始めて、IoT-ARアプリケーションが最高の価値をもたらす場所を特定します。金銭的利益を得るだけでなく、新しいアプローチがうまく機能するのに必要な文化的変化が根付くまでの時間を確保するためにも、このようなアプリケーションを社内全体にできるだけ迅速に展開することが非常に重要です。企業は課題に直面するでしょう。それでも、これらの複雑なテクノロジーをうまく活用することは可能なのです。(次のページの「IoT-ARソリューションの導入に伴うリスクの管理」をご覧ください)

**範囲と価値:** 企業は最大の価値を創出する機会の順にプロジェクトをランク付けし、価値をもたらすIoT-ARアプリケーションを1つまたは2つ選んで開発し導入する必要があります。また、投資対効果検討書を作成し、これら2つのテクノロジーを併用することによるバリュー・プロポジション (価値提案) を明確に示さなければなりません。

IoTテクノロジーの使用はますます広がっていますが、ARが単なる付け足しやギミックとならないよう、ARに付加価値のある役割を持たせることが重要です。我々の調査によると、企業が初期段階からIoT-ARアプリケーションを開発したほうが、ARを後から追加するよりも、従業員がARを核となる技術とみなす確率が5倍にのぼることが示唆されています。

**組織構造とパートナーシップ:** 成功のためには、従来の部門の枠を超えた機能横断的なコラボレーションが非常に重要です。企業は核となる部門だけでなく、ITやR&D (研究開発) も含め、関連するすべてのグループのステークホルダーにIoT-ARの試験導入を支援してもらう必要があります。先に述べたように、調査対象企業のうち、85%がすでにIoTとARアプリケーションをセットで開発および導入し管理しています。

IoT-ARソリューションの開発は事業レベルの取り組みでなければならないため、経営幹部の後押しを得ることが重要です。その後押しを最初から得ることにより、これらのプロジェクトをすばやく軌道に乗せることができます。企業はIoT-ARエコシステムのテクノロジーベンダー、パートナー、システムインテグレーターを慎重に選ばなければなりません。これらの組織は、オペレーションプロセスの再設計や技術的ソリューションの実装に対応する能力を備えている必要があります。

**開発と立ち上げ:** 企業はIoT-ARデバイスが実際に使用される物理環境において快適で直感的に使用できるよう、ユーザーエクスペリエンスを最適化する必要があります。これを正しく行うことで迅速な採用が可能となり、従業員が日常的にこのテクノロジーを利用するようになります。ユーザーエクスペリエンスを最適化する最善の方法は、実用最小限の製品を開発し、パイロットプログラムを実行し、エンドユーザーテストを行い、ソリューションをすばやくイテレーションして短期間で開発を進めるようIoT-ARチームを促すことです。

IoTとARテクノロジーを組み合わせることにより、人々が周囲の世界とやり取りする方法を改善することができます。しかし、そのパワーを活用するためには、企業はテクノロジーを配備する場所を選び、IoTとARをサポートするエコシステムを構築し、両方のテクノロジーを扱える人員を育てる必要があります。それを実践した企業は、コスト削減や収益増大、顧客体験改善、ブランド強化を実現できるだけでなく、以前は想像もできなかったような方法でコンテキストデータを活用できるようになります。



## IoT-ARソリューションの導入に伴うリスクの管理

いくつかの課題が、IoT-ARプロジェクト始動後にプロジェクトの障害となる可能性があります。そのため、最初からそれらを考慮に入れておくことが重要です。主なリスクは以下のカテゴリーに分類されます。

- **コスト**：IoTとARのシステムはいずれも、この段階で行う選択の内容により、開発や導入が比較的高額となることがあります。自社の投資対効果の目標を達成できるよう、企業は慎重に選択肢を評価する必要があります。スマートフォンやタブレットをARデバイスとして使用すると、コスト効率が良いでしょう。我々の調査が示すところによると、標準的なスマートフォンが最も多くエンドポイントデバイスとして使用されています。
- **人材**：IoT-ARソリューションの開発は、通常、ほとんどのIT部門の専門外です。そのうえ、物理的な機械とデジタルテクノロジーの両方を理解している人材が必要です。適切な専門知識を備えた人材の数は世界的に少なく、求められるスキルセットを社内で育成している場合でさえも、ほとんどの企業が

外部のテクノロジープロバイダーと提携する必要があるでしょう。

- **データ**：IoT-ARソリューションの質は、その企業が使用するデータの質に左右されます。データにアクセスして、それを意味のある方法で組み合わせることは困難を伴うことがあります。企業はすべてのプロセス、製品、アプリケーション間で関連しているデータを紐づけするために、デジタルスレッド（データの流れを可能にする通信フレームワーク）を構築すると良いでしょう。
- **デバイス**：優れたユーザーエクスペリエンスを提供するため、それぞれのARソリューションはデバイスの種類を考慮に入れて設計する必要があります。ARヘッドマウントデバイスはかさばるものが多く、視界が限られていて、着け心地の面で長時間の使用には適していません。テクノロジーはすばやく改良されていますが、企業は今日の制約の中でうまく対処し、様々なデバイスに適合するAR戦略を構築する必要があります。

- **コネクティビティとセキュリティ:** IoTのライブデータを使ったスムーズなAR体験を創造するためには、接続速度を高め、レイテンシーを低く抑えることが必要です。これはへき地や地下などの場所では困難なことがあるため、企業はアプリケーションを開発する際にこれらの条件を考慮に入れる必要があります。これらの問題はやがて5Gネットワークにより解消するかもしれませんが、それでも、IoTデバイスに加えてARデバイスを管理する場合には、IoT-ARシステムに接続される資産の数が増えるため、セキュリティが脆弱になる可能性も高まります。企業はIoT-ARソリューションの設計開発にセキュリティのエキスパートを加え、サイバーリスクを最小限に抑える必要があります。
- **スピード:** IoTとARは新興テクノロジーであるため、ソリューションの展開には予想よりも時間がかかる可能性があります。機械や医療器具の取り扱いを指示するアプリケーションなど、一部のアプリケーションでは、認定や規制当局による承認、さらには規格の策定まで必要となる場合があります。これらのステップにより、IoTとARテクノロジーの導入にかかる時間が長くなる可能性があります。
- **柔軟性:** 企業は特定のテクノロジープロバイダーに縛られないよう、様々なパートナーを利用して導入できるIoT-ARソリューションを開発する必要があります。IoTソリューションが、外部のどのクラウド・サービス・プロバイダーや社内のクラウドサーバーでもホストできるようにしなければなりません。



IoT-ARソリューションは、  
コスト削減、収益増大、  
戦略的価値の創出を通じて、  
企業の業績改善に役立ちます。

# 筆者について



**Zia Yusuf**はBCG Silicon Valleyオフィスのmanaging director兼senior partnerです。BCGのモノのインターネット業務を率いています。連絡先Eメールアドレスは[yusuf.zia@bcg.com](mailto:yusuf.zia@bcg.com)です。



**Vladimir Lukic**はBCG Bostonオフィスのmanaging director兼partnerです。連絡先Eメールアドレスは[lukic.vladimir@bcg.com](mailto:lukic.vladimir@bcg.com)です。



**James Heppelmann**はPTCのpresident兼CEOです。連絡先Eメールアドレスは[jim@ptc.com](mailto:jim@ptc.com)です。



**Craig Melrose**はPTCのデジタル・トランスフォーメーション・ソリューション担当executive vice presidentです。連絡先Eメールアドレスは[cmelrose@ptc.com](mailto:cmelrose@ptc.com)です。



**Neeru Ravi**はBCG San Franciscoオフィスのconsultantです。連絡先Eメールアドレスは[ravi.neeru@bcg.com](mailto:ravi.neeru@bcg.com)です。



**Usama Gill**はBCG San Franciscoオフィスのprincipalです。連絡先Eメールアドレスは[gill.usama@bcg.com](mailto:gill.usama@bcg.com)です。



**Andres Rosello**はPTCのコーポレートマーケティング担当vice presidentです。連絡先Eメールアドレスは[arosello@ptc.com](mailto:arosello@ptc.com)です。

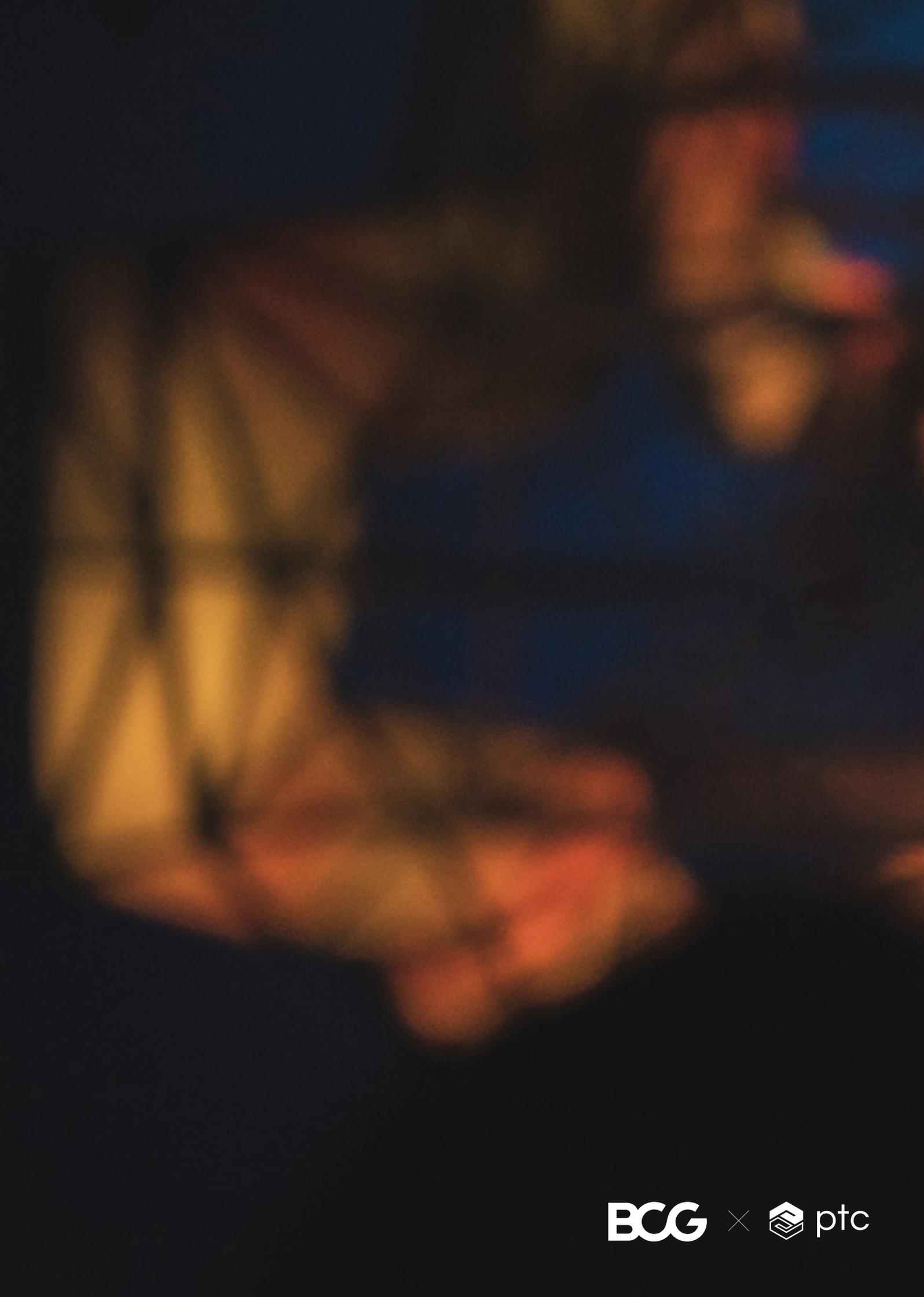
## 謝辞

筆者一同より、分析を担当してくれたPTCのGrace Fong、本レポートに付属しているIoT-ARアプリの開発者Charles Lamour、Randy Goux、Taryl Hafer、Brian Siuに感謝を述べます。また、本レポートの作成にあたり、調査の実施に協力してくれたAshley DreweryとJason Kwok、BCGの同僚の皆さん、前BCG consultantのDmitry Shchepochkinにもここに感謝を表します。最後に、執筆をサポートしてくれたAnand P. Raman、編集・デザイン・制作に協力してくれたKatherine Andrews、Kim Friedman、Abby Garland、Frank Müller-Pierstorff、Shannon Nardi、Trudy Neuhausにも筆者一同より感謝を申し上げます。

## 詳細のお問い合わせ

本レポートの内容についてのお問い合わせは、筆者までご連絡ください。





IoTと拡張現実でデータ力を解放する - BOSTON CONSULTING GROUP x PTC