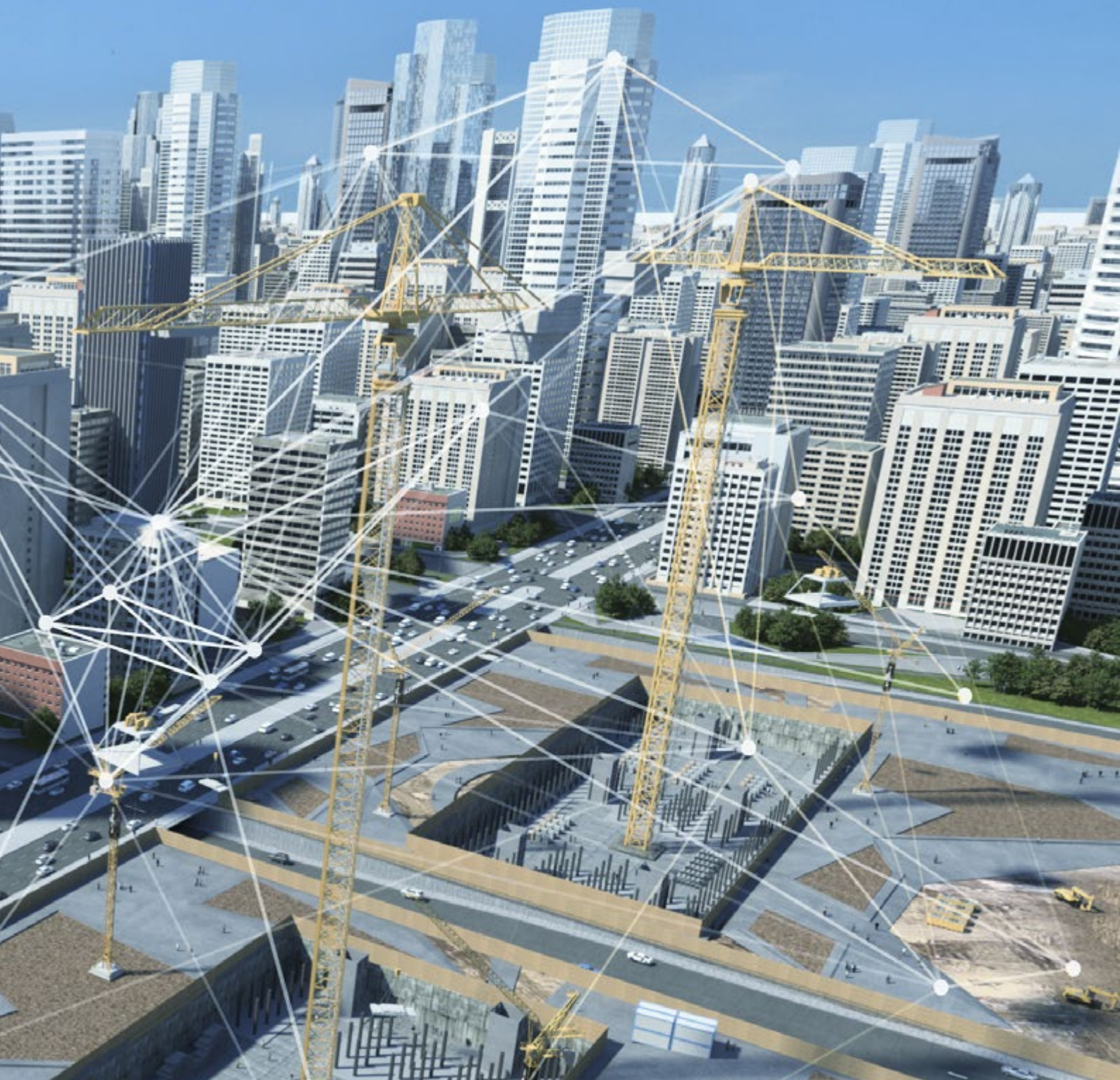
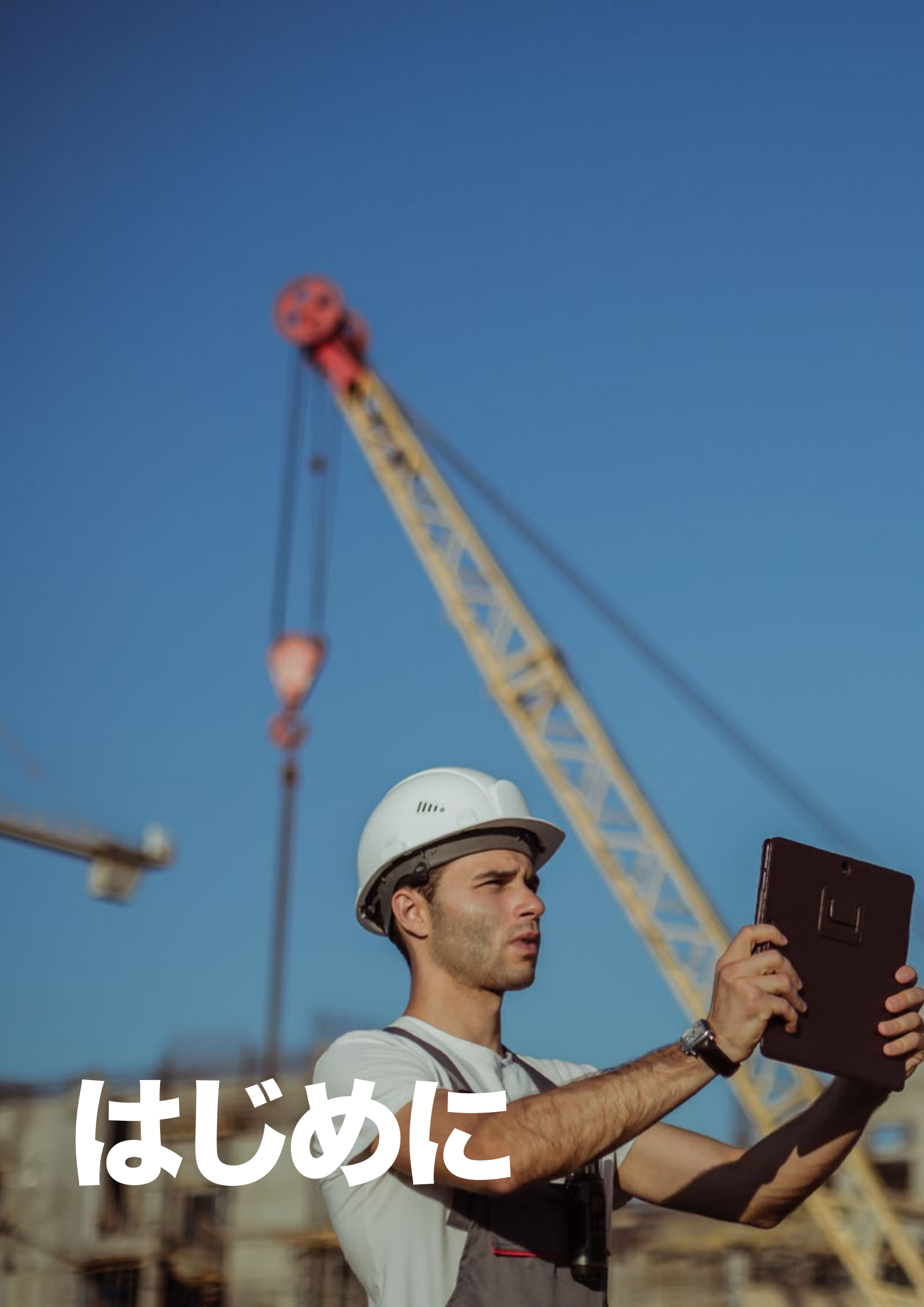


# デジタル化のパワー を建設業に







はじめに

建設業界に向けたオートデスクのデジタル マニフェストをご案内します。このレポートでは、業界の収益性、復元力、および俊敏性を高め、建設環境を改善する先進的な技術をご紹介します。

将来を予測することは決して易しいことではありません。また、10 兆ドルの規模を持つ保守的な建設業界を、目まぐるしく変化するテクノロジーに対応させることは、特に困難です。それでも、時間をかけてこのような将来を予測することは、建設に携わるすべてのプロフェッショナルが今取り組むべき課題です。このような最新テクノロジーの幅広い可能性に疎い職務の人がいたとしても、そのような人たちを企業戦略に組み込むことは、まもなく強力なバランス シート、事業のための社会的ライセンス、熟練の職人と同じくらい成功に欠かせないものになるでしょう。

新しいテクノロジーは本来、破壊的な性質を持っています。ビジネス モデルを破壊して作り替え、市場における価値の定義を一変させ、新しい形の競争を生み出し、新しい競争相手をもたらします。現在、驚くような最新テクノロジーが次々と登場しています。一例を挙げると、3D プリンティング、無制限のコンピューティング パワー、クラウドソーシング、ロボット技術、機械学習、ドローン、ビッグ データ、モノのインターネット (IoT)、予測分析、拡張現実、ジェネレーティブ デザイン、ゲーム エンジン、リアリティ キャプチャなどがあります。このような最新テクノロジーは、建物やインフラの設計、建設、運用の方法を大きく変えつつあります。

たとえば、センサーを利用した作業工程管理、アルゴリズムによる設計見積もり、3D プリンティングによる建築物、ビッグ データを利用したスケジュール管理、新しい形態の資金調達法、デジタル技術によってもたら

される建設環境の新しいローカリズムなど、業界への潜在的な影響は計り知れません。建設業のさまざまな部分が刷新される可能性が広がっています。この可能性を活用することが、建設業界にとって今後数年間にわたり非常に重要な課題となるでしょう。その効果は絶大です。生産性が大幅に改善し、リスクが減り、企業の経営力が高まり、利幅が大きくなります。しかし、このような破壊的テクノロジーの普及が進むと、企業が容易にイノベーションを達成できるようになるため、新たな競争環境が生まれるでしょう。資本、ノウハウ、効率性、提携関係など、これまで新規参入を阻んできた障壁がすべて取り払われるからです。

このような業界の変化に加えて、建物やインフラの建設需要が世界中で高まっています。人口増加、都市化、および経済成長によって、世界の建設需要は 2030 年までに 85% 増加すると予測されています<sup>1</sup>。このような需要に、従来と同じ手法で対応することはできなくなるでしょう。サステナビリティの確保、限られた資金、都市ランドスケープの複雑化、熟練労働者の不足、資産所有者の要望の変化、エンド ユーザーと社会との関係など、さまざまな課題が出現する中で、建設業界は建物やインフラに関して新しい考え方、新しい建設方法を生み出すことが求められています。今後の建設業界において経済的に生き残り、社会と良好な関係を保ち、環境への持続可能性を確保するという大きな課題に対して、このような最新テクノロジーを活用することは、おそらく最終的には業界にとっても社会にとってもメリットとなるでしょう。

## **ドミニク・タサラーザ** **オートデスク**

建設・施工・エネルギー・天然資源分野向け長期戦略  
担当



“Si monumentum requiris,  
circumspice.”

彼の記念碑を捜し求めるのであればあたりを見まわせ  
サー・クリストファー・レンの碑銘







# 今が変革のとき

建設業界は重要です。統計を見てみましょう。建設業界は全世界の GDP の 6%、10 兆ドルの収益を占めており<sup>2</sup>、経済成長の強力な推進力となっています。英国では、建設業界への投資 1 ポンドにつき 2.84 ポンドの経済効果が見られました<sup>3</sup>。他の地域でも同様の統計が得られています。しかし、もっと根源的な意味で、建設業界はあらゆる産業の原点と言えます。住居、社会インフラ、経済インフラの建設によって、日常生活のさまざまな場面を支えています。

そして建設の重要性は、高まる一方です。2030 年までに、建設業界の売上高は全世界で 17.5 兆ドル (2014 年を基準とした実質値) に達し、2014 年を 85% 上回ると予想されています<sup>4</sup>。今後、恐ろしいほどの建設需要が見込まれています。中国は 2020 年までに、高速鉄道網を 31,000 マイル整備する計画です<sup>5</sup>。インドでは 2030 年までに、都市居住者向け住宅を新たに 1 億 6,500 万戸建設する必要があります<sup>6</sup>。そして、全世界の電力需要をまかなうためには、2040 年までに新たな発電インフラを 4,400 GW 分建設する必要があります<sup>7</sup>。いくつかの統計資料を見るだけでも、建設業界が直面している課題が時代的なものであることがわかります。

現在の手法をそのまま拡大するだけでは、将来の市場で成功することは困難です。プロジェクトの複雑化、リスクレベルの上昇、プロジェクトの資金調達の不確実性、熟練労働者の不足、建設業のグローバル化など、さまざまな要因から、将来の市場で高い収益性を確保するためには建設会社がイノベーションを達成する能力がますます重要になるでしょう。

現在も、建設市場ではリスクとコストへの厳しい要求によって負担を強いられることが多くあります。これが常態化することで、生産性が抑制され、利幅が小さくなり、高いコストと大量の廃棄物を招き、建設環境の価値を高めることが困難になる結果となっています。根本的な原因は、これまでも数多く挙げられています。たとえば、プロジェクト参加者のビジネス目標が一致しないこと、プロジェクトの受注方法、サプライチェーンの断片化、資本比率が低いバランスシート、各プロジェクトの特異性、コストが変わりやすいという請負契

約の特質などです。建設業界の循環的な性質ではこのような問題の解決に取り組む期間が限られていることから、建設業界を変えるという課題は達成不可能に思えます。

テクノロジーが建設業界に役立つとしたら、プロセスを修正したり、生産性を徐々に高めたりという小手先の効果ではなく、大きな理想を実現することが求められるでしょう。そのためこのマニフェストでは、次の効果を実現する手段としてテクノロジーを位置付けることを目標としています。

- 企業が提供できるスキルやプロ意識のレベルと、企業が責任を負うリスクのレベルを適切に反映した、持続可能で予測可能な利幅をもたらす
- 建設業界全体の弾力性を高めることで、極端な好景気と不景気の波、分散的な資材調達の高効率性と不確実性、高まる一方のリスクと複雑さから、企業をある程度保護する
- 迅速な成長と変革を実現することで、新たな市場、新たな提携関係、新たなビジネスチャンスを活用し、確かな実績と評価によって新規参入企業に対抗できるようにする
- すべての関係者間の協力関係とコラボレーションを強化し、建設環境でより良い成果を上げる



建設業界は全世界の GDP の

**6%**

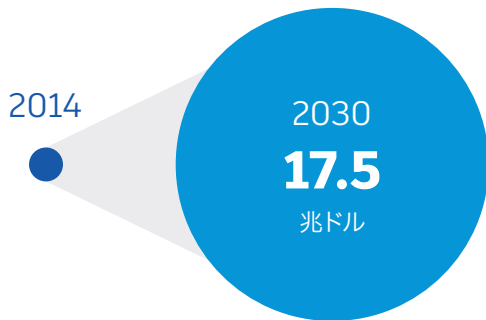
を占める

Source: World Economic Forum<sup>2</sup>

英国では、建設業界への投資 1 ポンドにつき 2.84 ポンドの経済効果が見られる



Source: LEK Consulting<sup>3</sup>



2014

2030

**17.5**

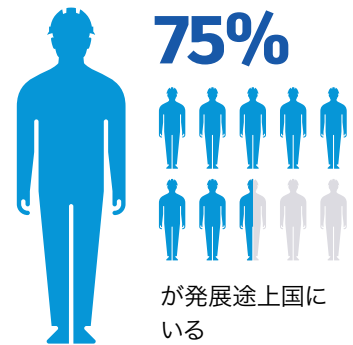
兆ドル

2030 年までに、建設業界の売上高は全世界で 17.5 兆ドル(2014 年を基準とした実質値)に達し、2014 年を 85% 上回ると予想されている

Source: Global Construction 2030<sup>4</sup>

全世界の建設作業員の人数は

**1.8**  
億人に達し



**75%**

が発展途上国にいる

Source: Building and Woodworkers International, accessed <http://www.bwint.org/pdfs/WCProcurementFiona.pdf>

現在、建設環境は世界中の

エネルギーの



二酸化炭素排出量の



天然資源の

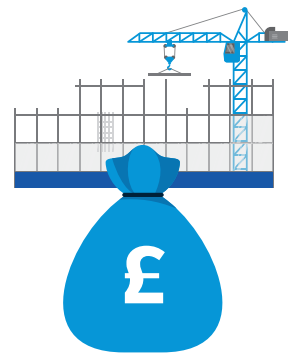


Source: Global Construction 2030<sup>4</sup>

世界の建設プロジェクトの平均利幅は 2015 年の 6.3% からさらに低下し、2016 年には

**6.1%**

になった

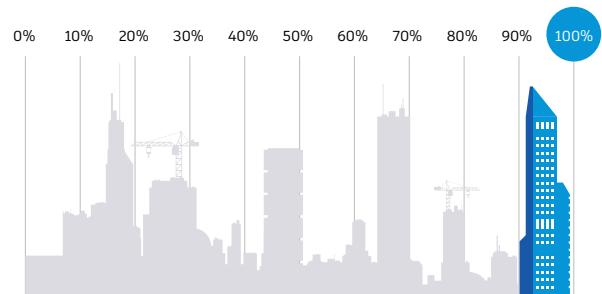


Source: Turner and Townsend International Construction Market Survey 2016



建設市場の多くで熟練労働者の不足が一般化しており、不況によって余剰労働力があるのはわずか 4 都市のみ

Source: Turner and Townsend International Construction Market Survey 2016



過去 3 年間で当初の竣工予定日から 10% 以内の遅延で完成した建設プロジェクトはわずか 1/4

Source: KPMG, Climbing the Curve, 2015 Global Construction Project Owner's Survey



# テクノロジー: 過去から未来へ

テクノロジーについて考えるとき、未来が恐ろしく感じられることがあります。ニュースを見ていると、あと数年で賢い人工知能やロボットによって私たちの仕事が奪われてしまうように思えます。

こういったニュースには、確かに真実も含まれています。今後 10 年以内に、仕事の性質はテクノロジーによって劇的に変化するでしょう。ですが、テクノロジーの変化は人類の歴史にはつきものでした。テクノロジーの変化に対応し、それを推し進めてきた建設業界の長い伝統を知れば、建設業界のプロたちも安心するかもしれません。

その一例として、2000 年前のローマに建設されたパンテオンの事例を考えてみましょう。西暦 126 年頃に完成したパンテオンのドームは、未補強の純コンクリート製ドームとして現在でも世界最大を誇っています。重量は 4,500 トンを超え、直径は 43 メートルあまりありますが、鉄筋は 1 本も入っていません。これを可能にしたのは、ローマ人の建設技術者のイノベーションでした。凝灰岩を使った新しい軽量コンクリートを開発したことで、このような大スパンの構造が実現したのです。

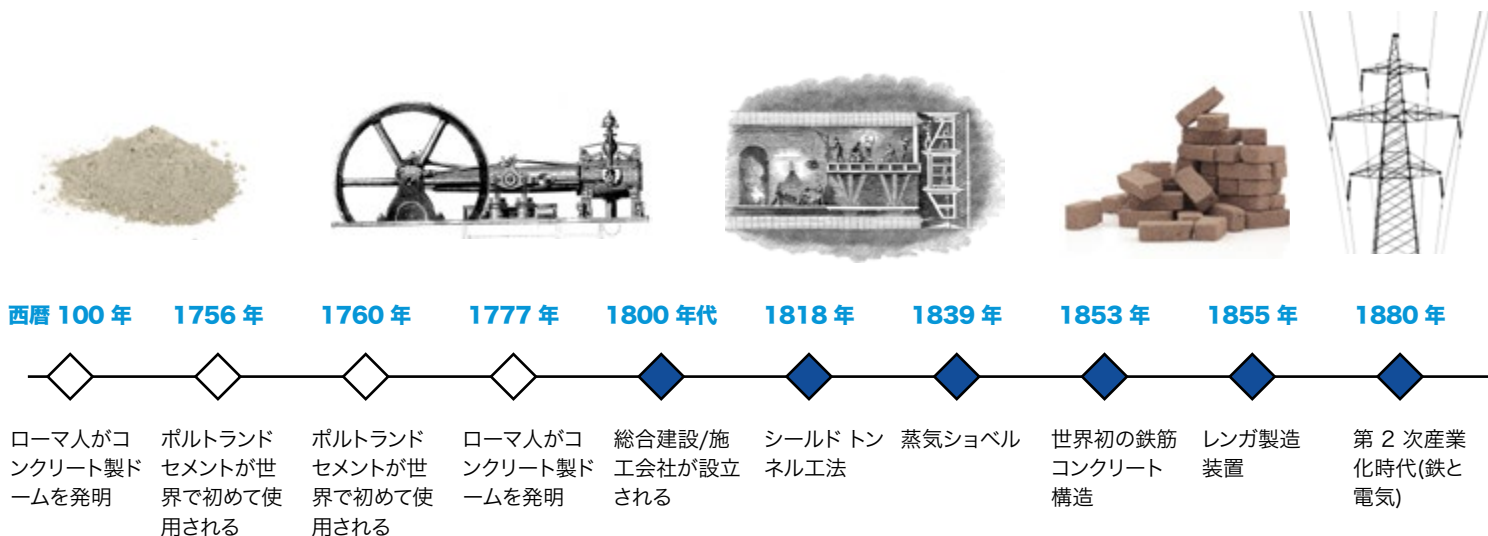
近年は私たちも、変化のペースが速くなったことに慣

れてきました。たとえば、ビルディング インフォメーション モデリング(BIM)について考えてみましょう。今や BIM のメリットはあまりにも魅力的で、無視できなくなっています。2013 年～ 2014 年には、英国だけで 8 億ポンド以上の建設費削減に大いに貢献しました<sup>8</sup>。これは、テクノロジーが建設業界に与える影響の大きさと、いち早くそれを取り入れた事業者が大きなメリットを享受できることを如実に示す例と言えます。

しかし、私たちが現在経験している変化は広がり続ける一方であり、変化のペースも加速しています。たとえば、現在業界で話題になっているデジタルトレンドを挙げてみましょう。



以上のテクノロジーは、いずれも業界をある程度変える可能性を秘めています。このようなトレンドがまとまって相互に作用することで、より大きな変化を引き起こすでしょう。建物やインフラ資産の設計、建設、運用の方法が、このようなテクノロジーによって根本から変わるようになります。そしてこのような激変が、建設業界を変革しようとしています。



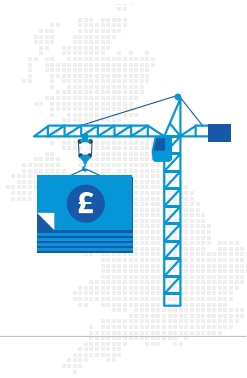


2013年～2014年、BIMによって英国だけで

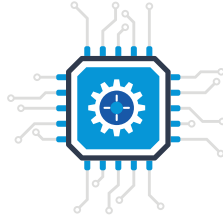
# 8億ポンド

以上の建設費削減に大いに貢献

Source: G Paterson, J Harty and T Kouider, 2015<sup>8</sup>

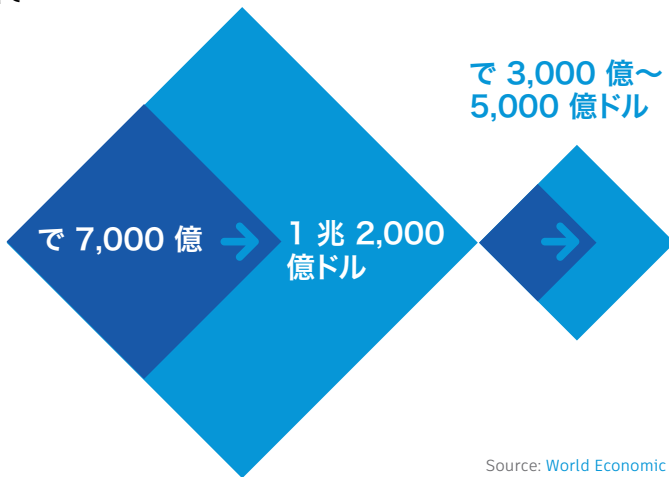


建設業界の全面的なデジタル化が進めば、10年以内に全世界の年間コストが大きく削減されます。住宅以外の建設コストについては次の削減効果が予想されます。

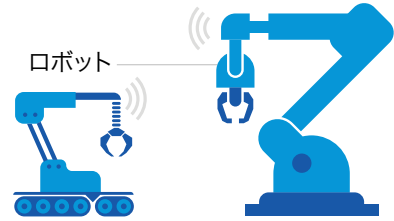


エンジニアリング、および建設の段階で

運用段階で



Source: World Economic Forum<sup>2</sup>



2015～2020年における雇用変化の主要因となり、

# 2.02%

の変動をもたらす(全体の変動率は 1.73%)

Source: World Economic Forum, Future of Jobs 2016



1895年 1900年代 1905年 1960年 1985年 1993年 1997年 2000年代 2010年代 2013年

成熟した高層ビル建設技術が登場する

プレハブ工法が普及する

プロジェクト計画の手法が登場する

CADが開発される

建設現場の自動化が初めて提唱され、ロボットが登場する

エンジニアが初めてレーザー Scanner を使用する

最初の BIM ツールが開発される

クラウドコンピューティングの本格的普及が始まる

建設業界でドローン、AI、バーチャルリアリティ、拡張現実の導入が始まる

3D プリンティングで初めて 2 m の建築部材が作成される



# 設計手法が変わる





テクノロジーは、建物などの物理的資産から、営業戦略などのビジネス資産まで、あらゆるものの設計手法を変えつつあります。

今日では、設計は多種多様な設計案を評価できる反復的なプロセスになっています。この評価の詳細さは、時間、予算、コンピューティング能力、情報、専門知識などの手持ちのリソースによって決まります。そのため、今日の設計プロセスは「現実的なベスト」を目指すものとなっており、多くの場合は想定、直感、および簡便さに重きを置いています。その成果は、理想的とは言えない場合もあります。建設会社は見積もりを出すときに「楽観的バイアス」に陥りがちであり、サプライチェーンパートナーが予期せぬ問題を起こしたり、敷地条件に面倒な問題があったり、資材価格が高騰したりして、利益が削られてしまうことがよくあります。たとえば、世界 5 大陸、20 か国の 200 件以上の交通インフラプロジェクトを調査した結果、開発コストは見積もりを平均して 28% 上回っていました<sup>9</sup>。

また、大規模プロジェクトの初期投資がプロジェクト

出資者の出費を抑えるために抑制されることが多いことについても考えてみましょう。このようなプロジェクトを実行に移すと、莫大なコストが発生したり、工期が破綻したり、完成した資産のパフォーマンスが当初の目標に達しなかったりという失敗がよく起こります。最近の調査によれば、過去 5 年間で石油・ガス業界のプロジェクトの 70% が当初の工期を達成できなかったか、予算をオーバーしています<sup>10</sup>。

プロジェクトは物理的にも、商業的にも、環境的にも、そして社会的にも複雑化する一方であり、従来型の設計プロセスでは満足できる成果を達成できないケースがますます増えていくでしょう

ただし、6 つのテクノロジートレンドを組み合わせ、今日のプロセスを規定しているリソース制約の問題を回避することで、設計プロセスを変革することができます。これにより、設計は将来的に「可能な限りのベスト」を目指すプロセスとなり、大幅なコスト削減、迅速化、質の向上を達成できるようになるでしょう。

# 1. クラウドによる無制限のコンピューティング能力

クラウドには設計の未来を一変させる可能性が秘められています。膨大なコンピューター処理能力を使用して、必要なときに複雑な解析タスクをすばやく実行できる、「無制限のコンピューティング パワー」を実現できます。

これにより、設計プロセスを逆転させて「最終目的から逆算して設計」できるようになります。たとえば、建設会社が不動産デベロッパーと組んで、市街地に 10,000 m<sup>2</sup> の高機能オフィス スペースを建設するビジネスチャンスを考えてみましょう。このビジネス チャンスでは、どのような建築資産を建設するのが最適でしょうか。たとえば、物理的な形状、建築資材、融資方法、調達経路など、さまざまな条件の組み合わせを何千通りも検討して、最大限の成果と最低限の総所有コストを実現する設計と関連プロジェクトを導き出すことは、従来の設計プロセスでは不可能です。

## 2. ジェネレーティブ デザイン

人間には創造性があり、多様なデータを大量に処理し、複雑で抽象的な思考法を使って問題を解決することができます。しかし人間は問題を解決するときに、先入観を持ち込んでしまいます。コンピューターには、先入観がありません。

ジェネレーティブ デザインでは、自然のアプローチを模倣して設計する高度なアルゴリズムを使用し、「良い設計」とは何かという先入観に縛られることはありません。入札プロセスをどのように変えることができるか、考えてみましょう。たとえば、建設会社が積極的な一階方式の設計および建設契約の入札に 6 週間で応じるとします。クライアントが求める仕様を入力し、希望する利幅のレベル、付帯事項、サプライ チェーン パートナーの概要を設定するだけで、アルゴリズムによって応札のための最適な選択肢が特定されます。入札コストの示唆が得られ、入札の有効性を大きく高められる可能性があります。

## 3. ビッグ データと予測分析

ビッグ データはこれまで他業種で利用されてきました。特に金融業界と小売業界で利用されており、標準的な貸付利率の予測や個々の購買行動の予測に活用されています。今日の建設業界では、BIM などのプロジェクト テクノロジー ツールによって高度に構造化さ

れたデータが大量に発生しています。これは「建築インテリジェンス」と呼ばれる新しい分野の扉を開くものであり、このデータを活用して将来を予測することが可能になります。

他のデータ ソースと組み合わせて、プロジェクトのポートフォリオ全体でパターンを検索できれば、サプライチェーンの負荷を示す初期の兆候から、キャッシュフローを最適化するベストな方法、入札金額の超過の根本原因まで、さまざまな判断に役立てることができます。

## 4. クラウドでの対称的コラボレーション

建設チームは複雑であり、複数の組織で構成される場合や、さまざまな地域に分散することも珍しくありません。プロジェクト チームや関係者間のコラボレーションは長年の課題であり、プロジェクトのコスト増、遅延、再作業、リスクを招く原因の 1 つでした。さらに、最近の調査によれば建設業界の主要企業の 82% が、向こう 5 年間でプロジェクト所有者と建設会社の間でのコラボレーションがさらに増えると予想しています<sup>11</sup>。

## 5. ソーシャル コンピューティングとモバイル コンピューティング

コンピューティング パワーがいくらあっても、設計プロセスでは人間の手による作業が欠かせません。しかし、間接費が負担になる建設会社にとって、必要なときに適切なスキルを持つ人材を確保することは、長年の苦勞の種でした。

デジタル環境の進化によって人々の距離が縮まったことで、「仕事」と「職場」の概念が変化しつつあります。個別の仕事の仲介を取り仕切るデジタル市場である、Uber や TaskRabbit などの「仕事交換ハブ」は、他業種では既に定着しており、「ギグ エコノミー」と呼ばれる経済活動を形成しています。この流れはまだ建設業界に来ていませんが、クラウドソーシング(多くの人々がインターネット経由でコラボレーションして複雑な問題の解決に取り組む手法)を含め、この種のテクノロジーによって建設会社は現在よりもはるかに幅広く、質の高い専門的人材を必要に応じて確保できるようになるでしょう。



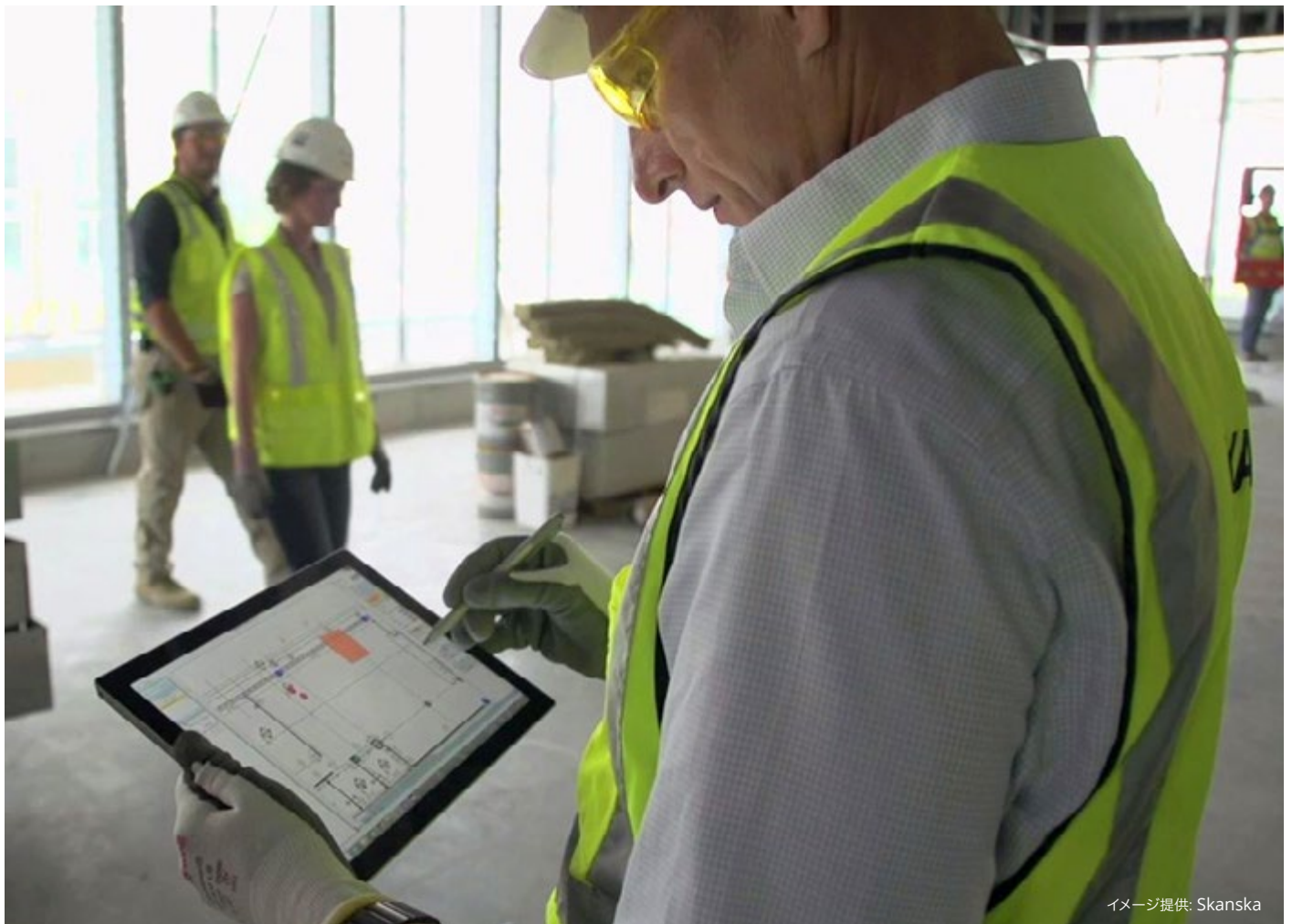
## 6. デジタル世界と物理世界の矛盾の解決

すべての設計は、最終的には現実の資産として形になることが求められます。このような資産は、周囲の環境と物理的、環境的、社会的、そして経済的に関わり合います。テクノロジーによってデジタル世界と物理世界の融合が進んだ結果、このような現実世界のシステムの環境下で設計作業を行えるようになりました。

拡張現実を利用して設計を現実世界に投影することで、提案する設計が環境に及ぼす物理的影響を把握することができます。**Skanska** 社ではこのテクノロジーを自社の Innovation Grant Platform<sup>12</sup> に導入

し始めており、拡張現実と 3D ゲーム エンジン統合する実験プロジェクトを実施しています。

言うまでもなく、建設会社はこのような機能を利用して、資産の設計から、運用、保守までのあらゆる段階で現実世界において発生するミスが減らすことができます。仮想世界でミスを修正しておけば、現実世界のミスで発生する莫大なコストを回避できます。しかしそれよりも重要な点は、このような機能を利用して、物理世界以外のさまざまな次元から設計を検討できることにあります。たとえば、地下鉄延伸プロジェクトにゲーム エンジンを利用することで、提案する駅の出入口付近にある販売店の来客数への影響を予測することができます。



イメージ提供: Skanska


リアルタイムのコラボレーション環境の実現によって、建設業界は対称的コラボレーションに移行するでしょう。すべてのプロジェクト参加者がクラウドを利用した「仮想」プロジェクト オフィスに集まることで、業務を効率化できるからです。世界的な建設会社である **Skanska** 社は、このようなシステムを既に導入しています。クラウドを利用してクライアントや設計パートナーと積極的にコラボレーションを行うことで、現場で問題が発生する前にほとんどの問題を解決しています<sup>13</sup>。





# 建設手法の変化



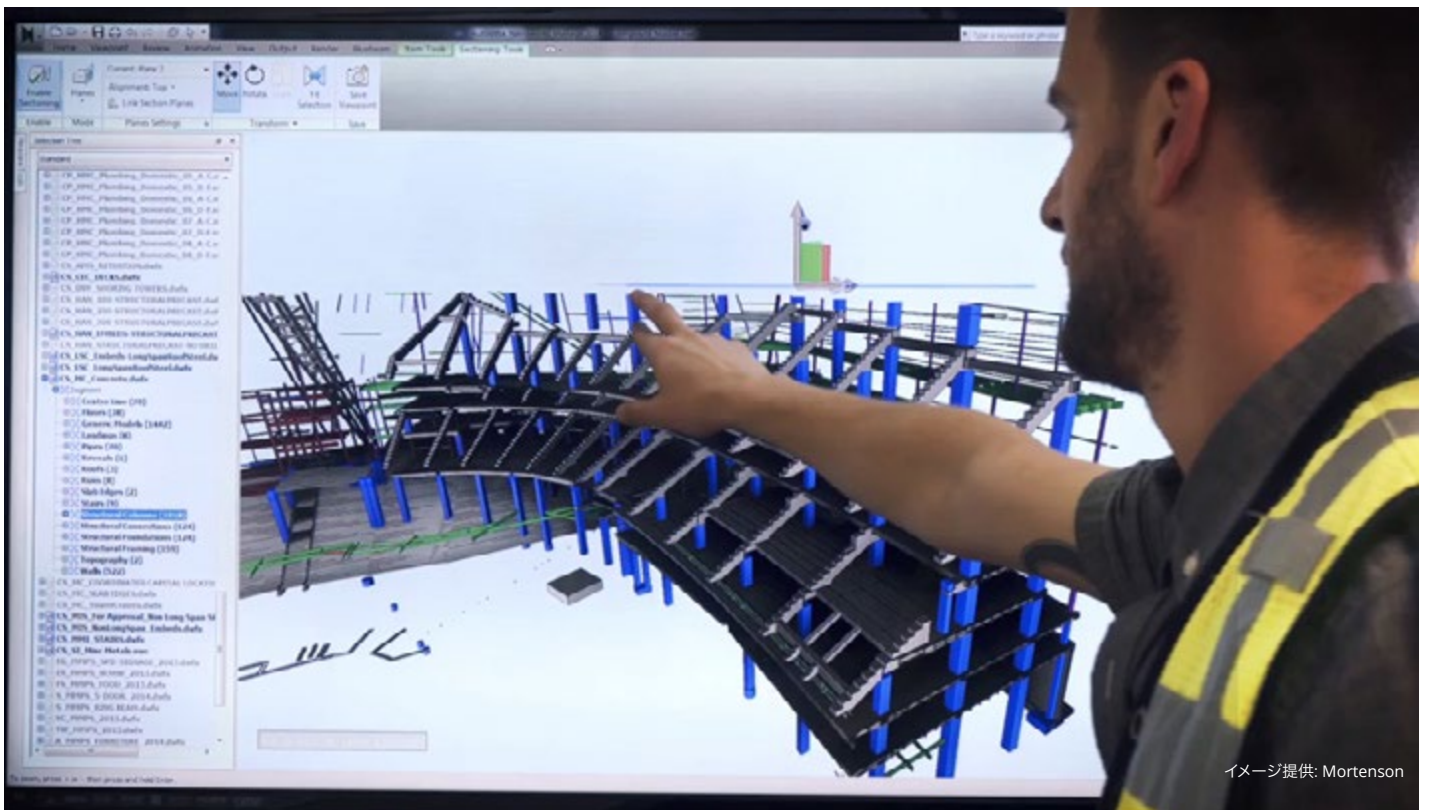


物理的な生産手段も、テクノロジーによって根本から変わりつつあります。また、すべての形態の投資プロジェクトにおける選定、資金調達、デリバリーの方法も直接的な影響を受けています。

現在でも依然として建設業界で最大の課題となっているのが、労働生産性レベルです。作業員の生産性が予想より 10% 少ない場合、利益は最低でも 5% 減少します<sup>14</sup>。他業種では過去数十年の間に生産性が大幅に向上してきましたが、建設業の生産性は相変わら

ず低いままです<sup>15</sup>。今こそそれを変えるべきです。徐々にではなく、一気に変える必要があります。2030 年までに建設需要が 85% 成長すると予測されている中で、このような低い生産性が建設業界や経済全体に及ぼす影響や、建設環境の価値を高める機会を失うことは、容認できないことです。コラボレーションによる資材調達、サプライチェーンの統合化、および先進的な法律の整備などは確かに方向性としては正しい対策ですが、それだけでは不十分です。





イメージ提供: Mortenson

テクノロジーは、生産性を一変させる即効薬となる可能性があります。建設会社である **Mortenson** 社は、タッチスクリーンインターフェイスとモバイルハードウェアを導入したときに、その効果を実感しました<sup>16</sup>。現場の作業員からのフィードバックをリアルタイムに共有できるようになったことで、生産性が劇的に改善されました

さらに、建設会社は建設する資産の生産性についても考慮する必要があります。たとえば、建設した資産が完全に計画どおりの成果をもたらす割合はどれくらいでしょうか。有料道路では期待されたレベルの収益が得られるのでしょうか。公営住宅の開発プロジェクトによって地域住民の生活水準が向上したのでしょうか。新しい高速鉄道によって地域の GDP は予測どおりに上昇したのでしょうか。テクノロジーは、建設する資産の種類、その資産の組み合わせ、資産の性質を決定するための情報源として役立ちます。

プロジェクト工程の規模が 85% 大きくなった場合、予算も同様に増やす必要がありますが、その資金をどこから調達するかという問題が発生します。事実、インフラの資金調達ギャップは全世界で年間 1 兆ドルに達しています<sup>17</sup>。しかし、将来のビル建設やインフラ建設のプロジェクトでは、新しいテクノロジーが資金の流れを改善してくれるでしょう。

## 1. ビッグ データを活用した意思決定

2007 年には、全世界の GDP の半分は先進国の 380 都市によって占められていましたが、2025 年までに 136 の都市が新たに上位 600 都市に入ると予想されています<sup>18</sup>。このすべてが、発展途上国の都市です。建設業界は変化のときを迎えています。複雑な都市環境の状況に応じた建設の必要性和、建設需要の新興国へのシフトによって、建設業界はますます変わっていくでしょう。クライアントと建設会社は、このダイナミックな変化にどうやって対応すればよいのでしょうか。目的を達成するために建設すべき資産を検討するとき、そして高い収益を上げて成長するために入札すべきプロジェクトを検討するときには、データから回答を見出すことの重要性がますます高まるでしょう。クラウドコンピューティングを利用して、人口構成、経済成長、可処分所得などの傾向を迅速に計算できるようになり、このような問題解決に役立つでしょう。



このようなニーズから、建物やインフラの情報をマクロスケールでモデリングする機能を備えた新しいツールの開発が進んでおり、建設会社は、クライアントがさまざまな背景情報に基づいて意思決定を下すことを支援できるようになります。最も重要な点は、これが建設環境に対する考え方のシフトにつながることです。たとえば、インフラのマスタープラン作成では、短期的なポイントソリューションに重点が置かれている「コストと資産」重視から、「成果と価値」重視に移りつつあります。これにより、建設会社とクライアントは複数のシステムが連携する「システム オブ システムズ」の考え方を導入できるようになります。

世界的なインフラ建設グループである [Balfour Beatty](#) 社では、ロンドンのオリンピック スタジアムを West Ham United Football Club の新しいホームスタジアムに改修するプロジェクトに BIM を導入しました。Balfour Beatty は BIM を導入することで、パフォーマンスをリアルタイムで追跡し、ワークフローのボトルネックを発見して解決できるようになり、さらにプロジェクトの全関係者に最新の情報とドキュメントを常時提供できるようになりました<sup>19</sup>

## 2. デジタル テクノロジーを活用した資金調達

建設には資金が必要ですが、2008 年の金融危機以降、不確実性がプロジェクトの資金調達の流れを妨げるようになりました。しかし、新しいテクノロジーによって、建設資金を調達するための 3 つの新しい方法が広まりつつあります。

- **リスクに基づくマッチメイキング:** プロジェクトのリスク状況を把握するために、ビッグデータと予測分析が役立ちます。IoT を利用し、既存資産の利用状況を「クラウド ループ」によって調査することで、新設する資産のパフォーマンスを正確に予測でき、投資家は投資を決定する前にプロジェクトのリスク状況を把握できるようになります。
- **残余価値の判断:** 全世界の建設資産の価値は、総計 218 兆ドルと推定されています<sup>20</sup>。資産を売却した売却益を新しいプロジェクトに投資するという資金調達方法は、一般的に行われています。ただし、このプロセスでは資産に残っている価値を正確に判断することが欠かせません。予測分析、リモートセンシング、IoT フィードバックは、その価値を正確に定量化するために役立ち、資金(および課せられる負債)を最大限に確保できます。たとえば、道路システムの補修パターンと車両通行量予測を照会することで、道路の補修費用を正確に予測できる可能性があります。

- **クラウドファンディング:** クラウドファンディングを利用した資金調達は、製造業、娯楽産業などのさまざまな分野で既に行われていますが、建設環境では、民間の不動産開発プロジェクトや公共の社会インフラプロジェクトの資金調達手段として利用できるでしょう。

## 3. プレハブ工法とデジタルファブリケーション

プレハブ工法は新しいテクノロジーではありませんが、さらに簡易化されつつあります。先進的なモデリングテクノロジーによって、規格化された要素を建物やインフラに使用するボトムアップ方式と、全体の設計を要素に分割して現場以外の場所で事前に生産した後、現場で組み立てるトップダウン方式の両方を実施できるようになりました。

プレハブ工法は、かつては比較的小規模な資産で使われていましたが、現在では大規模資産にも対応しており、建設業界で高度な規格化を達成するために役立つ可能性を秘めています。規格化は、製造業のような水準の生産性を達成するための鍵となるでしょう。建物を低コストの生産工場で集中的に製造し、世界中に出荷して、現場で最終組立を行うことができます。これは、建設業界の勢力図を大きく変える可能性があります。

ただし、すべてのプロジェクト、すべてのコンポーネントで規格化が最適であるとは限りません。製造業における新しい産業革命によって、製品の優れた設計を実物として完成させるプロセスが一変しようとしています。この産業革命の先駆けとなるのがデジタルファブリケーション、特に 3D プリンティングです。現在では、製品の 3D モデルを 1 回の操作で、1 台の機械だけを使用して、そのまま実物として完成させることができます。後で手直しの必要もありません。さらに、鉄、ガラス、セラミック、樹脂、コンクリートなど、80 種類を超える素材を使用できます。これは、100 年以上続いてきた現代製造業のパラダイムを一変させつつあります。今までは、規格化された既製の部品を仕入れ、その部品でオーダーメイドの製品を作った方が安上がりでした。製造業では、「複雑性と独自性」を持つ製品が高価であったからです。3D プリンティングでは本質的に、「複雑性と独自性」に費用がかかりません。標準規格部品の制約から解放されることで、建設会社はプロジェクトの理想的なソリューションを追求でき、同時に廃棄物も減らすことができます。

オランダの 3D プリンティング企業である [MX3D](#) 社(12 ページを参照)は、多軸産業用ロボットに 3D ツ

ールを搭載して、十分な耐久性を持つ鉄橋をアムステルダムのアウデゼイズ・アフトルブルクワル運河に建設中です。完成した暁には、3D プリンティングで作られた世界初の橋となります<sup>21</sup>。

現場に設置された 3D プリンターを直接使って工事を行う日は来るのでしょうか。来るかもしれません。ただ、違う未来が来る可能性もあります。製造テクノロジーの民主化の波を受けて登場したのが、マイクロ ファクトリーです。これは、非常に複雑な製品も製造できるデジタル ファブリケーション マシンを導入した、近郊にある比較的小規模な工場です。従来型の建設サプライチェーンは、過去 30 年にわたって低い貿易障壁と安い輸送コストを利用して、複雑なグローバル ネットワークに成長し、プロジェクトに使用されるすべての建設資材や関連部品の供給源となってきました。3D プリンターやマイクロ ファクトリーがそれを破壊するとしたら、市民建築家の登場を目の当たりにする可能性があります。現場近くのコミュニティ ファクトリーがサプライチェーンの中心となり、輸送コストが低減され、ローカリズムが称揚されるでしょう

## 4. 現場のオートメーション化

ドローンなどの最新テクノロジーを使用して、建設現場の測量、スキャン、検査を実施することができます。ドローンで撮影したイメージをリアリティ キャプチャ

フトウェアに入力し、多数の写真を合成して 3D モデルを作成することで、現実の広大な環境をコンピューター上に再現することができます。カメラを搭載したドローンは、既にさまざまな用途に利用されています。高層建築物や構造物の遠隔調査は、高所で働く作業員の危険性とコストを軽減するために役立っています。また、パイプラインや線路などの長大な設備の大規模検査にも活用されています。

ウェアラブル テクノロジーは、建設現場での安全性向上に利用されています。[Human Condition Safety](#) 社は、この分野での革新をリードしている企業の 1 つです。建設作業員が迅速、安全、確実に作業を行うために役立つスマート ベストや、リスクが高い場所にいる作業員の数を現場監督がリアルタイムで把握できるダッシュボードなどのソリューションを開発しています<sup>22</sup>。

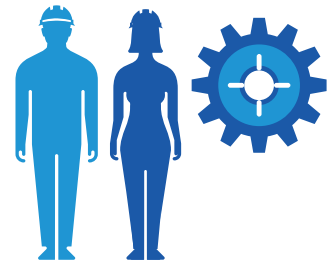
ロボットも、建設業で導入が進んでいます。従来、ロボットは主に資材や部品の加工のために、限られた範囲の反復作業に使用されていました。現在でも大規模な生産ラインで広く導入されていますが、今後は、ロボットがさらに多くの作業を行うようになるでしょう。特に、ロボットに多種多様なセンサーを接続することで、作業中の部品に関する情報を取得できるようになります。この情報を制御システムにフィードバックすることで、ロボットの動作を調整し、加工時の効率と精度を大幅に高めることができます。



オランダで行われている「I Make Rotterdam」プロジェクトは、クラウド ファンディングによるプロジェクトの典型例です。クラウド ファンディングが革新的と言われるのは、なぜでしょうか。それは、クラウド ファンディングによってローカリズムの新しい時代が幕を開け、建設会社とコミュニティが金融、設計、建設、継続的な保守など、あらゆるレベルで緊密に連携するようになるからです。これも、デジタル テクノロジーがますます一般的になる分野の 1 つです

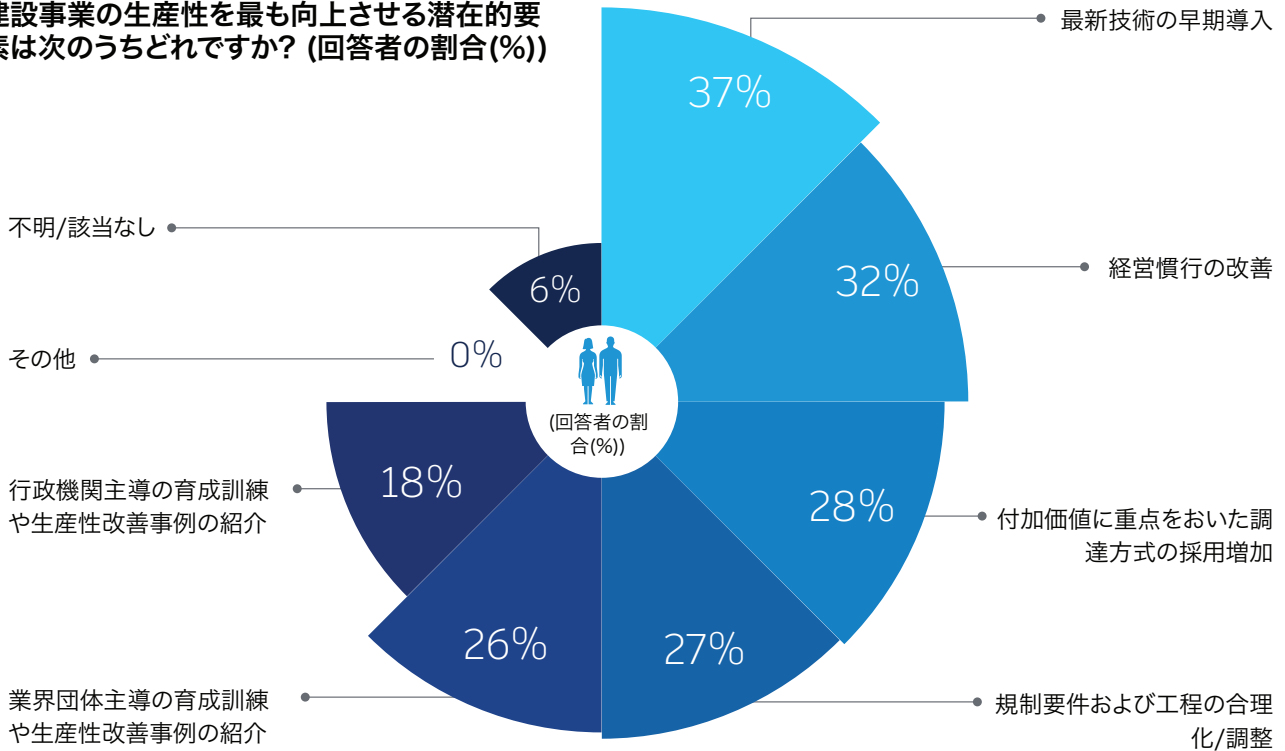


現在でも依然として建設業界で最大の課題となっているのが、労働生産性レベルです。作業員の生産性が予想より 10% 少ない場合、利益は最低でも 5% 減少します。

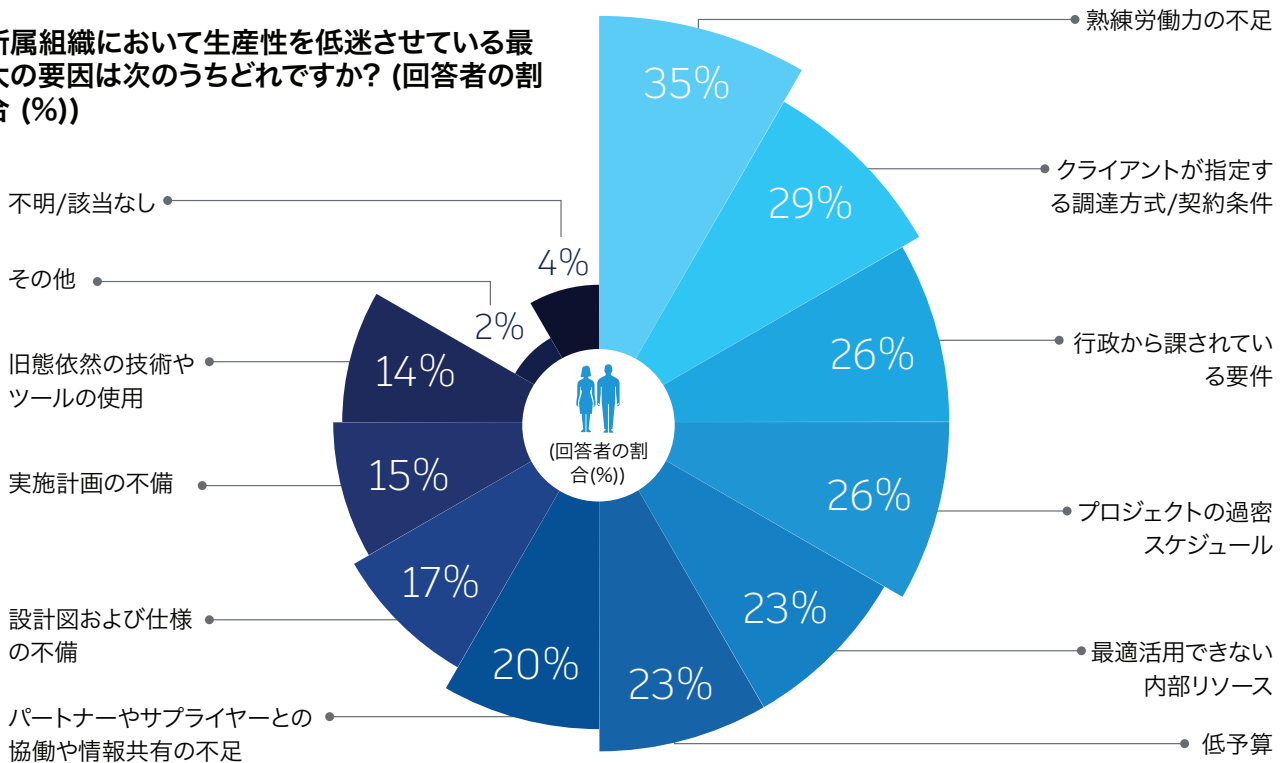


Source: Training4Contractors<sup>14</sup>

建設事業の生産性を最も向上させる潜在的要素は次のうちどれですか？ (回答者の割合(%))



所属組織において生産性を低迷させている最大の要因は次のうちどれですか？ (回答者の割合 (%))



Source: The Economist Intelligence Unit, Rethinking productivity across the construction industry, 2015



# 運用方法の変更



建物とインフラの運用方法、およびそのような資産の性質やボリュームは、どちらもテクノロジーによって大きく変わりつつあります。

さまざまなものがスマート化され、ネットワーク化されています。たとえば、ビル全体に設置され、エネルギー消費量や環境条件などの情報を監視するセンサー群や、エネルギー消費量を減らして弾力性を高めるスマートユーティリティネットワークなどがあります。デジタル世界と物理的な世界が相互に深く結び付き始めています。

同時に、ソーシャルコンピューティングとモバイルコンピューティングの普及によって生活や仕事のパターンが変わり、オフィス空間の特質や占有レベルから、交通機関で移動する乗客の人数や乗り換えパターン、必要とされている通信インフラの種類まで、さまざまな建設環境で需要の変化が起きています。このようなパターンの変化は小売業に既に影響を与えており、インターネットショッピングの普及によって市街地の実店舗が次々と消えつつあります。その結果として、倉庫や配送センターの需要が高まってきています。

変化のスピードは増大しています。従来は、建設から10年以上経つと建物を改装したり、転用したりする場合がありますでしたが、今後はそのサイクルが速まるだけでなく、建築資産が最初から「多用途」に対応することが求められるようになるでしょう。

さらに、もっと新しいテクノロジートレンドが待ち受けています。ドローンを利用した配送サービスは道路の交通量を減らし、将来の高速道路インフラの需要を変える可能性があります。製造業の新しい産業革命の1つである分散型製造も、同様に貨物運送のパターンを変える可能性があります。

# 1. スマート化された資産がスマートな価値を生む

物理的な要素である設備系統が複雑化し、スマートセンサーと結びつく中で、建築資産は所有者やエンドユーザーのニーズに細やかに対応できる能力を備えるようになりました。建築資産やインフラ資産は静的なものであり、事前に決められた方法でのみ価値が提供され、資産の建設時の構造や物理的要素と本質的に結びついた価値を超える価値は得られないという従来の認識は、変わりつつあります。

エンドユーザー エクスペリエンスはますますパーソナライズが進み、たとえばオフィス環境の温度、換気、照明を最適化することが考えられます。都市も隅々までデジタル化されつつあるため、たとえば交通機関のシステムが遅延の影響をリアルタイムで乗客に伝え、別のルートを案内するなど、資産と資産の間のエクスペリエンスもパーソナライズされるでしょう。

照明は建物の電力消費量の 40% を占めます。また、空間内の照明の明るさと質を適切にすることで、利用者の注意力、集中力、健康状態を改善することが証明されています。IoT に対応するパナソニック株式会社の BIM 支援型コントローラー ソフトウェアなどのツールを活用することで、設計プロセスの初期段階で最適な照明条件を指定し、後工程の担当者に正確に伝えることができます。

[香港特別行政区](#)の機電工程署(EMSD<sup>23</sup>)では、多くの職員が BIM-AM (資産管理)を使用しています。これによってビル管理システムと監視カメラが BIM にリンクされ、現在の状態(サービスおよび資産)を正確に把握できるようになります。関連するサポート情報は PC を使ってリモートから表示したり、現場のタブレット デバイスで表示したりできます。

問題が報告されると、ユーザーは情報を特定の設備に絞り込み、必要な運用保守情報と、ビル管理システム(BMS)にリンクされたパフォーマンスの履歴データおよびリアルタイム データを表示します。これにより、施設管理者はより簡単に原因を判断し、対応策を検討できるようになります。施設を訪問する前にこの作業を行い、監視カメラも利用して、アクセスや安全性の問題を判断することができます。

所有者のエクスペリエンスも変わります。占有レベル、利用パターン、エネルギー パフォーマンス、水消費量、乗客移動距離などのデータがかつてないレベルで収集できるメリットは、今後ますます大きくなるでしょう。所有者とプロジェクト パートナーは、このような詳細データに基づいて建物や周囲のインフラに関する意思決定を適切に下せるようになり、エンドユーザー エクスペリエンスを犠牲にすることなくコストを削減したり、規模を拡張したり、新しい機能を加えて価値を最大限に高めたりできます。

スマート化されたネットワーク対応製品をクラウドと組み合わせることで、建設会社がこれまで把握できなかったデータをリモート機器から取得して、分析、制御、管理できるようになります。[Panoramic Power](#) 社などのエネルギー管理ソフトウェア プロバイダーでは、デバイス レベルのエネルギー分析プラットフォームを Autodesk のクラウド ベース BIM 製品と組み合わせることで、現場や設備で効率が悪い箇所を特定し、資産の利用率を高め、運用コストを削減できるソリューションを提供しています<sup>24</sup>。

## 2. 建設サービスから、「サービスとしての資産」へ

IoT により、建設環境のデジタル化が進めば、収集されたデータを活用して未来の需要パターンを詳細に予測できるようになります。さらに、利用データを新しいプロジェクトにフィードバックすることで、今後の資産の設計を改善し、パフォーマンスを高めることもできます。

建設会社はこのような「クローズド ループ」を実現することで、新しいビジネス チャンスを獲得できます。資産情報を、人口構成、経済成長、富裕度などの大規模データセットと組み合わせることで、建築資産の今後の需要パターンを詳細に分析することができるでしょう。建設業界の長年の問題の 1 つである、プロジェクト工程における不確実性が少なくとも部分的には解消されることで、建設会社は特定の事業に集中して取り組み、より安心して事業に投資できるようになります。

ですが、個々の資産にとらわれないようにしましょう。建設会社は IoT データを活用することで、価格や価値



でなく、成果に基づいてクライアントと新たな関係を構築できる可能性があります。建設業界の環境が複雑化し、リスクが増大する中で、プロジェクトの資金調達に失敗するなどの問題が発生しないようにしながら、最終的な成果を達成することがますます重要になってきています。いかなる資産も、孤立して存在するわけではありません。提案する資産が他のシステムと物理的につながる、または何らかの方法でつながる方法を理解することは欠かせません。「何を建設するべきか」、「なぜ建設するのか」、さらに「そもそも建設するべきか」と

いう根本的な疑問に対してクライアントが答えられるようにするために、建設会社はIoTデータを利用することができます。

また、資産の利用状況、資産のライフサイクルを通じたパフォーマンス、ライフサイクルに関連する総計コストがテクノロジーによって誰でも容易に把握できるようになってきたため、建設会社が「サービスとしての不動産」のような上流の分野に進出する可能性が広がっています。



# 「繋がり」の時代」の 始まり

建設業界は、変化に迫られています。将来の建物とインフラの需要予測を考えた場合、現在の調達方法、商習慣、業務戦略、生産性レベルは単純に維持できなくなるでしょう。建設環境が複雑化する中で、世界中の人々が期待するようになった生活水準と経済活力を支えることはますます難しくなります。さらに、プロジェクトと資産のパフォーマンスレベルが解決されなければ、建設に必要なだけの資金を調達することも難しくなります。建設のリスクと作業工程の不確実性を取り除き、プロジェクト デリバリーと建設会社の財務実績を改善し、プロジェクトの資金繰りを改善し、資産の目標パフォーマンスと実際のパフォーマンスの差を縮め、戦略的な思考と行動を建設業界に浸透させることが、将来の市場を切り拓く条件となるでしょう。このような希望を実現するのが、テクノロジーです。

テクノロジーが中心となって、建物とインフラの設計、建設、運用の 3 つの分野で破壊的革新が起こり、業界に新時代がもたらされます。新たな時代には、企業の規模、所在地、分野、資本に関係なく、すべての建設会社がまったく新しいネットワーク機能を平等に利用できるようになります。

## ● チーム間を繋ぐ:

地理的な境界や商業的な境界を超えて、人々がリアルタイムでダイナミックに連携できます。これによって、建設業界の従来の非対称的なコラボレーションが解消されます。さらに、仕事交換ハブとクラウドソーシングプラットフォームを利用して、人材を利用するための間接費を減らし、利用できる人材のプールを広げることができます。

## ● 情報分析を繋ぐ:

クラウドの無制限のコンピューティング能力、ビッグデータ、スマートアルゴリズムを組み合わせることで、建物から商業戦略まで、あらゆる事柄に関して最適な設計判断を下し、非常に複雑な設計上の問題を解決できるようになります。

## ● 成果を繋ぐ:

リアリティキャプチャ、ゲームエンジン、拡張現実、仮想現実を利用してデジタル世界と物理世界をシームレスに結合することで、「完成図を想定して着手する」ことができます。これにより、プロジェクトチームは計画対象となる現実世界のシステムの環境下で、物理的、環境的、経済的、社会的な選択肢を検討し、改善を加えることができます。

## ● デリバリーを繋ぐ:

デジタルファブリケーション、デジタル技術を活用したプレハブ工法、マイクロファクトリーを利用することで、物理的な「修正」、廃棄物、コスト、サプライチェーン間接費を最小限に抑えながら、建築資産やインフラ資産のコンピューター上の設計を実物として完成させることができます。

## ● 資産を繋ぐ:

実際の物理的な建築資産とインフラ資産をデジタル技術で繋ぐことで、その資産のパフォーマンスや利用状況と、資産が含まれているシステムとの関わり合いをさまざまな角度から把握することができます。こうして収集したデータを将来の作業工程に反映し、建設環境を改善することができます。

## ● 資金を繋ぐ:

高度にデジタル化したプロジェクトデリバリーを実現し、提案した資産のライフサイクル全体でのパフォーマンスをデータに基づいて分析することで建設リスクを抑え、プロジェクト提案を速やかに契約済みの資金供与に結びつけることができます。さらに、クラウドファンディングを実施したり、既存の建築資産の「残余価値」をデジタル技術で評価したりすることで、プロジェクト提案に新しい資金源を結びつけることができます。

目前に迫った「繋がり」の時代」に対して、建設業界は何を準備するべきでしょうか。まず、今後の変化の重要性を認識しましょう。これは、従来の慣行を少しずつ改善するような、単純な変化ではありません。次に、BIM (ビルディングインフォメーションモデリング)をまだ導入していない場合には、導入しましょう。それが、新時代を迎えるための第一歩となるでしょう。最後に、テクノロジー戦略を策定しましょう。市場の勢力図が一変しようとしているからです。



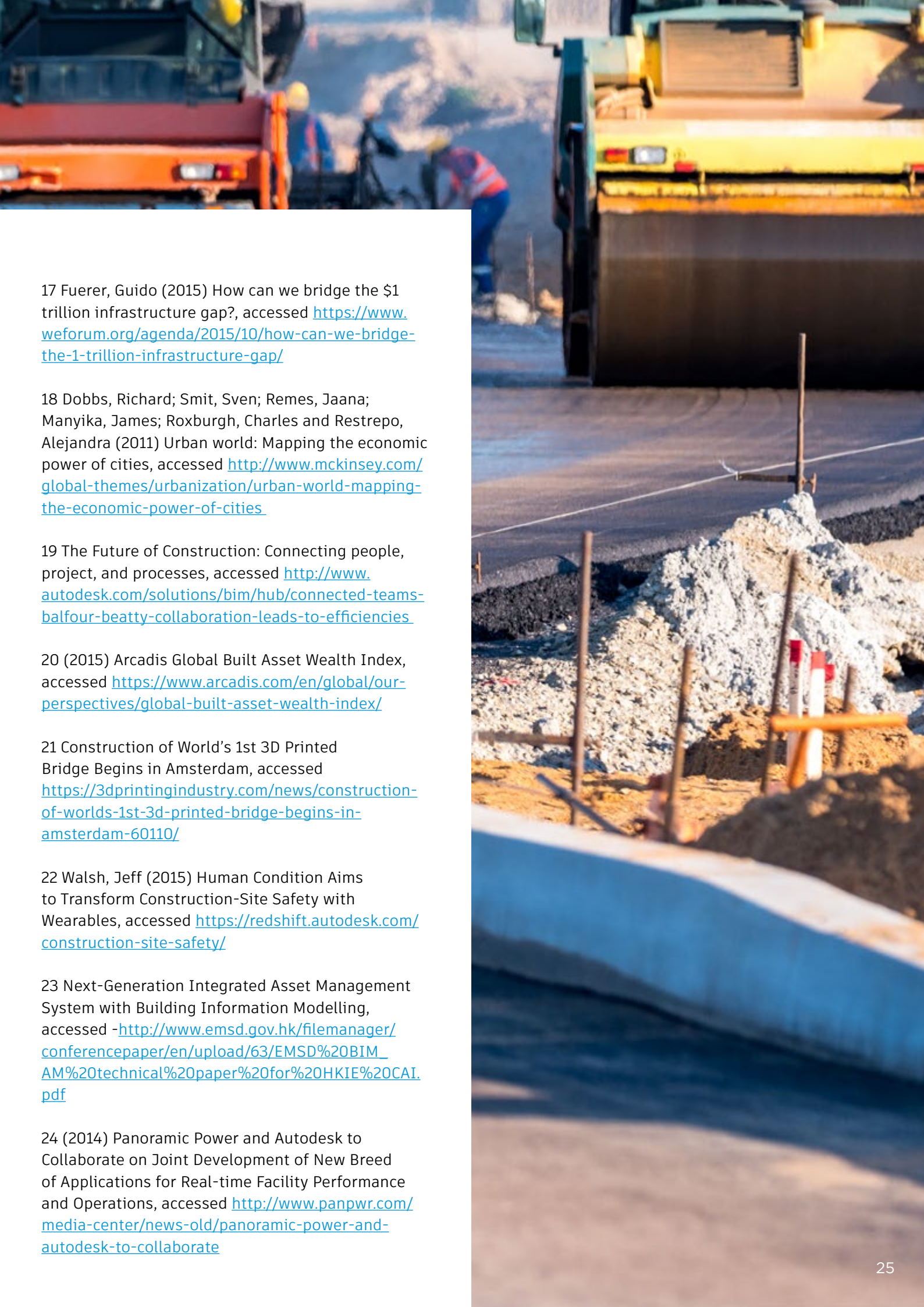




## 参照

- 1 Global Construction 2030, accessed <http://www.globalconstruction2030.com/>
- 2 (2016) World Economic Forum, Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology, accessed [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Shaping\\_the\\_Future\\_of\\_Construction\\_full\\_report\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf)
- 3 (2009) LEK Consulting, Construction in the UK economy: The Benefits of Investment, accessed <http://www.lek.com/press-releases/construction-investment-provides-significant-benefit-uk-economy-reveals-new-report>
- 4 Global Construction 2030, accessed <http://www.globalconstruction2030.com/>
- 5 Nguyen, Christine (2015) This bridge will connect 90% of the Chinese population, accessed <http://www.techinsider.io/china-beipan-river-bridge-high-speed-railway-2015-11>
- 6 Global Construction 2030, accessed <http://www.globalconstruction2030.com/>
- 7 (2015) IEA sees global energy transition, accessed <http://www.world-nuclear-news.org/EE-IEA-sees-global-energy-transition-1011154.html>
- 8 Paterson, G., Harty, J. and Kouider, T. (2015) Getting to Grips with BIM: A Guide for Small and Medium-Sized Architecture, Engineering and Construction Firms, accessed <https://www.routledge.com/Getting-to-Grips-with-BIM-A-Guide-for-Small-and-Medium-Sized-Architecture/Harty-Kouider-Paterson/p/book/9781138843974>
- 9 Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. and Rothengatter, W. (2003) Mega Projects and Risk: An Anatomy of Ambition, accessed <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/sociology/political-sociology/megaprojects-and-risk-anatomy-ambition?format=PB>
- 10 (2008) Front End Loading Provides Foundation for Smarter Project Execution, accessed <http://www.ogfj.com/articles/print/volume-5/issue-7/special-report/front-end-loading-provides-foundation-for-smarter-project-execution.html>
- 11 (2015) Collaboration can help avoid construction project failures, says expert, accessed <http://www.out-law.com/en/articles/2015/april/collaboration-can-help-avoid-construction-project-failures-says-expert/>
- 12 Colonna, Tony (2014) Four ways to enable innovation in construction, accessed <http://blog.usa.skanska.com/four-ways-to-enable-innovation-in-construction/>
- 13 Song, Soo (2016) Virtuality Check: 3 Ways Cloud Technology in Construction Can Solve the Skilled-Labor Shortage, accessed <https://redshift.autodesk.com/cloud-technology-in-construction/>
- 14 (2016) Are Your Profit Margins Being Affected by Low Productivity on Construction Projects?, accessed <http://training4contractors.org/2016/04/profit-margins/>
- 15 Changali, Sriram; Mohammad, Azam and van Nieuwland, Mark (2015) The Construction Productivity Imperative, accessed <http://www.mckinsey.com/industries/infrastructure/our-insights/the-construction-productivity-imperative>
- 16 Song, Soo (2016) Virtuality Check: 3 Ways Cloud Technology in Construction Can Solve the Skilled-Labor Shortage, accessed <https://redshift.autodesk.com/cloud-technology-in-construction/>





17 Fuerer, Guido (2015) How can we bridge the \$1 trillion infrastructure gap?, accessed <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/how-can-we-bridge-the-1-trillion-infrastructure-gap/>

18 Dobbs, Richard; Smit, Sven; Remes, Jaana; Manyika, James; Roxburgh, Charles and Restrepo, Alejandra (2011) Urban world: Mapping the economic power of cities, accessed <http://www.mckinsey.com/global-themes/urbanization/urban-world-mapping-the-economic-power-of-cities>

19 The Future of Construction: Connecting people, project, and processes, accessed <http://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/connected-teams-balfour-beatty-collaboration-leads-to-efficiencies>

20 (2015) Arcadis Global Built Asset Wealth Index, accessed <https://www.arcadis.com/en/global/our-perspectives/global-built-asset-wealth-index/>

21 Construction of World's 1st 3D Printed Bridge Begins in Amsterdam, accessed <https://3dprintingindustry.com/news/construction-of-worlds-1st-3d-printed-bridge-begins-in-amsterdam-60110/>

22 Walsh, Jeff (2015) Human Condition Aims to Transform Construction-Site Safety with Wearables, accessed <https://redshift.autodesk.com/construction-site-safety/>

23 Next-Generation Integrated Asset Management System with Building Information Modelling, accessed [http://www.emsd.gov.hk/filemanager/conferencepaper/en/upload/63/EMSD%20BIM\\_AM%20technical%20paper%20for%20HKIE%20CAI.pdf](http://www.emsd.gov.hk/filemanager/conferencepaper/en/upload/63/EMSD%20BIM_AM%20technical%20paper%20for%20HKIE%20CAI.pdf)

24 (2014) Panoramic Power and Autodesk to Collaborate on Joint Development of New Breed of Applications for Real-time Facility Performance and Operations, accessed <http://www.panpwr.com/media-center/news-old/panoramic-power-and-autodesk-to-collaborate>



WORK REPORT

[SPRINGFIELD // ZONE S-324]

ACTION REQUIRED!

[www.autodesk.com/the-power-of-digital-for-construction](http://www.autodesk.com/the-power-of-digital-for-construction)  
[www.autodesk.com/bim](http://www.autodesk.com/bim)  
@AutodeskAEC