



ICT建機の可能性

**建機・特装車で進むデジタル化**



## 建機・特装車：ICT建機の可能性

建設機械・特装車は、現場の実際の作業以外にもさまざまな用途が広がっています。日常の建設作業を支える他、周囲環境の検知・作業の最大効率化・クラウドデータを利用した報告も可能になります。すべてが円滑に機能するためには、膨大な機器のさまざまな機能を相互に連携させ、情報通信技術を効果的に運用する必要があります。こうした新しい使い方を実現するのが、センサとコントローラを使って稼働データを常に収集・診断する新技術です。

建設業界を始め建設機械・特装車を導入している業界は、数多くの大きな課題があります。プロジェクトは工期が短く設定されている場合が多く、資材価格等の上昇により当初の計画を何度も修正しなければならないことがあります。農業・林業では作業に機械を使うため、技能認定に文書の提出を徹底して求められます。自治体のごみ収集では、収集運搬車の業務・収集ルート最適化と、人手不足による人材資源の有効活用が求められます。物流・運輸の多くの分野でデータ活用の重要性が高まっています。企業は、継続的なプロセス最適化を迫られています。また、最新機械を開発する上で、効率化と共に環境保護と安全性の確保も考慮しなければならない重要課題となっています。デジタル化は、こうした多くの課題を解決へ導く鍵になります。

多くの分野でデータ活用の重要性が高まっています。

### 進むデジタル化

数個のスイッチとボタンで油圧バルブを手動操作する単純な機能しかない旧来の大型機械の設計は、時代遅れになりつつあります。今日では、デジタルコントローラや最新のユーザーインターフェース、各種センサをコンバイン収穫機・給水車・道路舗装機械・掘削機等の建機や重機に搭載することが、新潮流になりつつあります。

建機・重機等の特装車のデジタル化は、操作の簡略化や運転者の利便性・安全性を目指すことから始まりました。機械の動作状態とカメラ画像を見やすく表示する様々なサイズのディスプレイは、その典型的な例です。直接ディスプレイをタッチ操作して、機械の設定・操作ができます[1]。現在は、さらに高度な機能を可能にする技術の開発が進められています。例えば、自動衝突警告を可能にする3Dカメラ搭載全方位確認システムがあります。この機能により安全性と操作性が向上し、より快適にリラックスして運転できるようになります。また、VR（仮想現実）やAR（拡張現実）の技術を利用したシステムも実用化されています。しかし、デジタル化は、建機車両やそのオペレータを対象とする技術に留まりません。人が介在せず直接機器同士で情報をやり取りするM2M通信や、中継装置を使った上位レベルとの接続に付随する様々な機能が誕生しています。

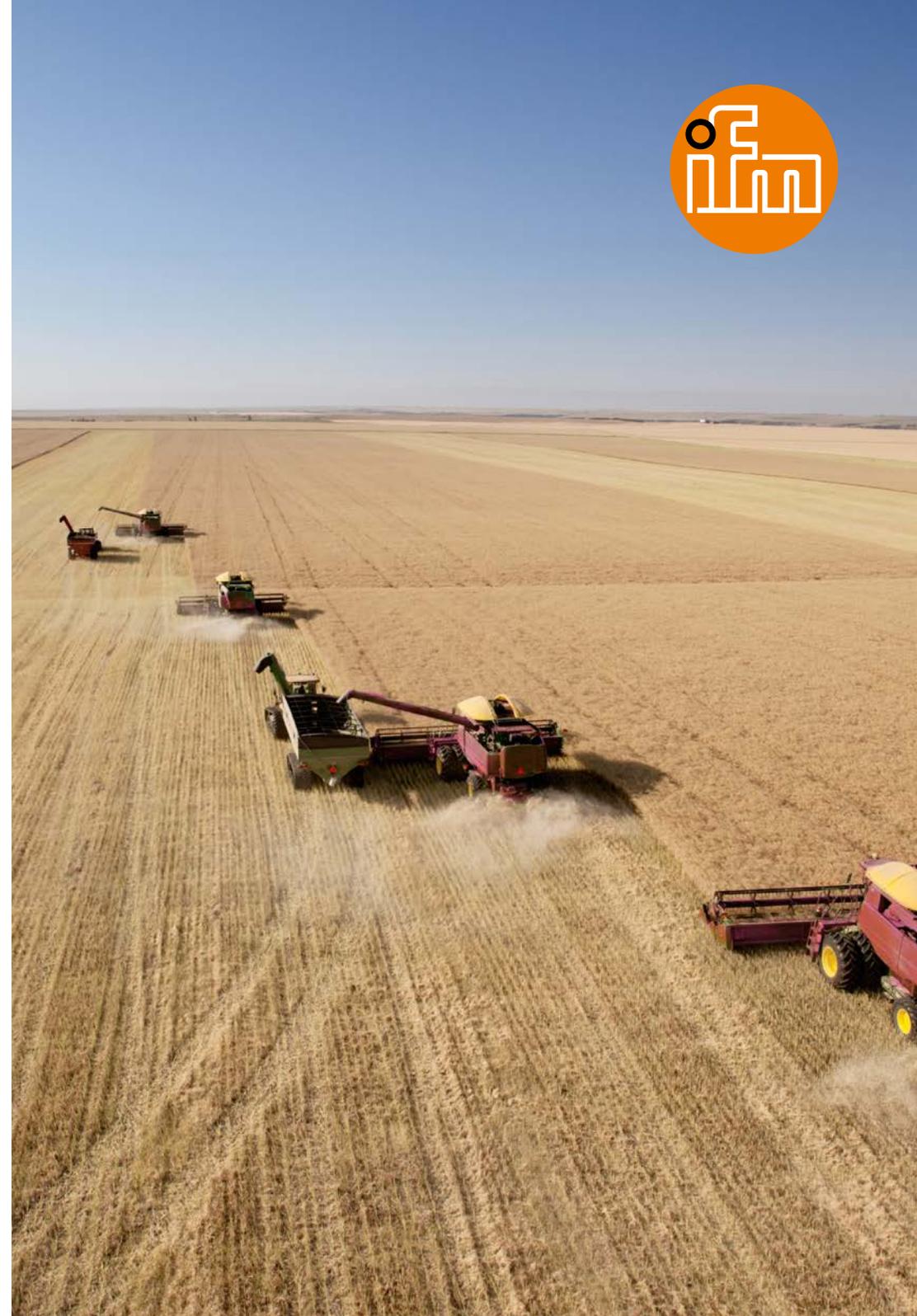
作業を簡単・便利・安全に



## 機械間の通信

建設現場の日常作業は、その良い例です。建設作業の進捗に応じて使われる掘削機やクレーンなどの機械は、互いに邪魔にならないように制御する必要があります。かつて、これは非常に難しい課題でした。データを常時収集するデジタル化技術がなければ、建機の協働の実現はほぼ不可能でした。機械間の通信が可能になり、そこから新しい可能性が広がりました[2]。これにより、建機が建築BIMのデータにアクセスできるなど、3D空間で効果的にしくみを再現できます。BIMは、Building Information Modellingの略で、建設の設計・施工・維持管理等をデジタル化によりデータ共有を容易にし、建設事業全体を効率化するシステムです[3]。そのため、M2M (Machine-to-Machine) 通信の市場規模の急速な拡大も、当然と言えます。調査会社 Strategy Analyticsは、2013年に450億米ドルだったM2Mシステムの総売上高が、わずか9年後の2022年に5倍以上の2,420億米ドルに急増すると予測しています[4]。尚、2020年のモノのインターネット (IoT) 分野への消費額は、7,420億米ドルにもなりました[5]。こうした売上の強さは、様々な産業に波及します。建設作業以外にも、スマート建機で管理・保存が必要な車両の販売と保守に関するデータが、主にM2M通信で処理されます。また驚くことに、2022年にM2Mで処理されたデータ量は1,725ペタバイトにもなるとされ、今後数年にわたりこの増加傾向は続くと言われていています[6]。

M2M車両通信のアプリケーションの可能性が今日の産業界にも認識されていることから、建機・特装車市場では常に大きな変革が起きています。ハードウェアの他、5G等の無線通信はシームレスなデータ収集と信頼性の高い建設プロセスに欠かせない技術となっています。それでも、市場にはデジタル化による大きな成長の余地があります。一方、最先端の建機は高額な投資が必要になることから、新しい技術の開発が阻まれてしまう場合も多々あります。





### デジタル化によるコスト削減

建設会社にとって、現場作業に欠かせない掘削機等の建機はコストを押し上げる主要因となっています。そのため、建機の稼働率をできる限り高めることに多くの会社が注力しています。建設現場で稼働しなくても、建機には日々コストが発生します。デジタル化は、時間をかけてさまざまな分野に浸透し、建設の効率化を支え新しいビジネスモデルを実現します。

デジタル化技術を利用した状態監視は、建機の故障を予防します。予知保全は、故障に発展する前に部品の故障の兆候を捉えて原因を突き止めます。これは、保守やメンテナンスの実施よりも手軽にできます。スマートデータ管理の導入・デジタルツインの利用・標準化されたソリューションにより、より多くの性能を機械から引き出すことができます。ただし、そのためには、正確なデータを収集して適切な処理を行う必要があります。データを活用して初めて、効率化の効果が得られます。

○ 機械のダウンタイムを防止

### 安全の確保と作業品質の向上

未来の建機は、デジタル技術とネットワーク技術によるICT化があらゆる部分で進みます。それには、オペレータがデジタルデータに容易にアクセスでき、理解できることが重要になります。複雑で危険な作業を支援するため、建機の運転席にヒューマン/マシンインターフェース(HMI)を装備します。これにより、建設現場などの作業環境が改善され、安全性が向上します。建設現場の様々な機械が、機械間の通信により一括操作できるようになります。人工知能とIoT技術の分野のアルゴリズムの利用は、物流を簡素化します。一方で、機械部品の摩耗も抑制されます。AIを使った運転者支援システムの利用により、ホイールローダーのリンケージの損傷が最大38パーセント減少し、輸送中の車軸の損傷が41パーセント減少したという研究があります[7]。また、データ活用により、悪路や不整地で車両を保護しながら作業をスムーズに進めることができます。



### センサの導入による高効率化

機械のあらゆるデータをセンサが収集します。センサは、HMIによりオペレータや運転者と通信し、同時に制御もサポートします。例えば、掘削機やごみ収集車の油圧装置の検査では、定められた基準値で確実に作動しなければなりません。最新の建機は、多くのセンサを搭載して連携させます。高周波誘導式近接センサを使ってごみ収集車の収集コンテナのリフトの正確な位置を測定し、圧力センサで掘削機の油圧回路の圧力監視を行い、コンバイン収穫機の油温を温度センサで測定します。物流では、エンコーダを使ってフォークリフトのブームの位置を正確に制御します。

測定結果を送信してユーザーに通知できるように、センサを中央のコントローラと接続して、エンジンからバルブに至る機械のすべてのデジタル部品とつなぎます。また、ディスプレイにも接続し、運転席のオペレータや関連システムと相互に連携できるようにします。こうしたあらゆる作業を実行するためには、丈夫なコントローラが必要です。そのため、最新のアプリケーションは、サイクルタイムが非常に短い高性能マイクロコントローラを搭載しています。大容量プログラムメモリにより、複雑なアプリケーションルーティンを処理できます。CANopenプロトコル等のCANインターフェース経由でデータを伝送し、IEC 61131-3準拠のコントローラで容易にプログラミングできるようになっています。センサにも丈夫さが要求され、揺れ・振動・衝撃に強く、信頼性の高い測定値を送送できなければなりません。そのため、高温・高圧の日常の作業環境に強く、防水・防塵性が求められます。高圧架線で運行する鉄道車両等のアプリケーションでは、センサが電磁界に暴露する可能性もあるため、高い耐EMC性が求められることがあります。センサ・コントローラと機械部品が相互に連携して、車両の動作に関するあらゆるパラメータを分かりやすく表示し、効率的・安全な作業を実現します。これらは、デジタル化が実現するメリットのわずか一部にすぎません。そのデータをクラウドで利用することにより、どこからでも診断できるようになります。





### クラウドによる建機の上位連携

クラウドを使った建機データの利活用は、建設分野に関連する企業や行政に様々なメリットをもたらします。クラウド環境で一貫してデータを利用するメリットを、あらゆる面で実感できます。森林や原野のインフラや地盤の状態に関するデータを、建機から取得することができます。地図に未記載の情報をクラウドで更新します。同時に、国内の当局が保有する膨大な地形データと照合します。この2つのデータから、作業領域に必要な情報を導き出すことができます。蓄積したセンサのデータを使用して、クラウドにデジタルツインを構築します。これを今後の現場の作業計画や、シミュレーションに利用することができます。建機から実際にデータを取得するためには、ハードウェアとソフトウェアを併用する必要があります。車両に搭載したハードウェアから確実にデータをクラウドベースのソフトウェアに送信して最終的に診断を行います。そのため建機・重機等の特装車のメーカーやユーザーにとって、IoT(モノのインターネット)の技術の利用が特に重要になります[8]。IoT機能は後付けも可能ですが、メーカー側で困難な場合があります。そのため、初めから車両をICT化することにより、導入が大幅に簡単になります。建設現場の建機とクラウド間の通信で最も難しい課題は、通信圏内のネットワーク範囲です。様々な車両がネットワーク内で通信します。通信に失敗すると遠隔監視が不可能になります。また、常時監視するためには、データをほぼリアルタイムで送信しなければなりません。従来は、有線通信が主に行われていました。しかし、有線通信はユーザーや企業の負担が大きく、危険な環境や鉱山では導入が非常に困難です。5G無線通信は、高速・大容量でデータを適切に送信できるため、他の建機やクラウドとほぼリアルタイムでの通信が可能になります。5Gの導入により、産業界全体でデータへの安定したアクセスを確立し、サービス領域を新たに拡大することができます。このように、グローバル5Gネットワークの拡大は、将来的な建機のICT化の重要な原動力となります。



デジタルツイン作成に必要なハードウェアとソフトウェア





### 予知保全と状態監視が簡単にできる

建機のデータをクラウドに保存することにより、様々なことが可能になります。状態監視はその1つです。同時に、予知保全で潜在的な故障を診断して、実際に発生する前にその原因を突き止めます。これにより、高額なコスト損失を伴うダウンタイムを低減します。リモートメンテナンスでエンジニアが建設現場に行かなくても問題を特定でき、解決できる場合があります[9]。建機メーカーにとっても、いつでもデータを利用できるメリットがあります。クラウド上でアズ・ア・サービス (as a Service) でモデルを提供でき、新たなビジネス分野が開拓できます。建設会社は、現場にある建機の場所と状態をすべて把握できるため、現場の要求に適切に応える効率的な稼働計画を立案できます。

問題をリモートメンテナンスで特定して解決することも可能



### 建機のICT化の未来

将来、より多くの分野で建機はさらに効率化され、ネットワーク化が進み、持続可能な利用が実現します。最も効率的なルートを選択で機械部品の摩耗を低減しながら運転し、予知保全によりダウンタイムを最小限に抑え、作業目標に対するデータを収集しプロセス最適化を実現します。スモールスタートで開発でき、センサを使ったネットワークを構築できます。収集したデータから建機のすべてをデジタルで見える化し、作成した情報は、ワイヤレスネットワークによりどこからでもアクセスが可能です。産業界は未来へ前進しています。デジタル化と電動化、ネットワークの拡大により、これから建機はさらに最適化され、発展することでしょう。



建設会社が現場にある建機の場所と状態をすべて把握し、現場の要求に適切に応える効率的な稼働計画を実現

# デジタル化を実現



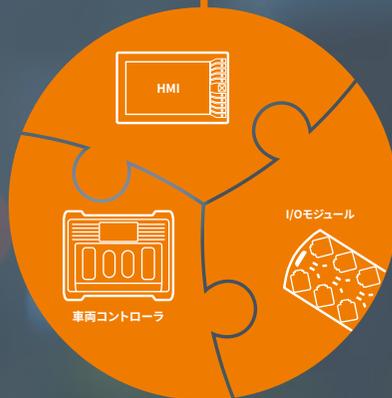
## 建機管理を効率化

建機データを収集・活用して、稼働中の建機の最新情報が常に把握でき、稼働率向上・ダウンタイム低減を実現。全部 mobile IoTでできます。



## インフラと制御の構築

人と機械の通信の心臓部となる、制御機能を備えた丈夫なifmのHMIソリューション。高性能車両コントローラやプログラマブルI/Oモジュールもご用意しています。複雑なタスク操作を簡単に設定・実行できます。各種建機・特装車に合わせたデータ処理と機械制御の適切なソリューションを提供します。



## 多彩な機能のセンサ

傾斜角・油圧・空気圧・温度の測定、テールゲートリフターの操作、ツールの段取り替え、360°カメラによる安全確保。人間の感覚器官の様に、あらゆる必要情報を収集する各種センサを取り揃えています。優れた耐久性と強度を備え、過酷な現場環境でコントローラと安定して通信します。





## 出典:

[1] **ifm.com (n. d.):** Unser ecomatmobile System für mobile Arbeitsmaschinen.

URL: <https://www.ifm.com/de/en/shared/technologies/ecomatmobile/overview>

[2] **Xiang, Y., Xu, B., Su, T. et al.(2020):** 5G meets Construction Machines: Towards a Smart Working Site.Karlsruher Institute for Technology, Karlsruhe.

[3] **Xiang, Y., Liu, K., Su, T. et al.(2021):** An Extension of BIM using AI: A Multi Working-Machines Pathfinding Solution.IEEE Access, Vol. 9(2021).New York.

[4] **Strategy Analytics (2014):** Prognose zum globalen Umsatz mit Machine-to-Machine-Systemen bis zum Jahr 2022.URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/298116/umfrage/prognose-zum-globalen-marktvolumen-mit-m2m-sysetmen/>

[5] **IDC (2020):** Ausgaben für das Internet der Dinge (IoT) weltweit im Jahr 2019 und Prognose für 2020.URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/537226/umfrage/prognose-zu-den-ausgaben-fuer-das-internet-der-dinge/>

[6] **Cisco Systems (2022):** Prognose zum monatlichen Machine-to-Machine-Datenverkehr (M2M) im Mobilfunk weltweit von 2014 bis 2022. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/413036/umfrage/prognose-zum-monatlichen-m2m-datenverkehr-im-mobilfunk-weltweit/>

[7] **Metzger, S., Lehr, P., Ernst, V. (2022):** Entwicklung einer adaptive Benutzerschnittstelle zur Optimierung des kognitiven Benutzerzustands. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium 2022, Potsdam.

[8] **ifm.com (n. d.):** Mobile IoT: die Cloud-Lösung für mobile Arbeitsmaschinen.  
URL: <https://www.ifm.com/de/en/shared/technologies/ecomatmobile/mobile-iot>

[9] **VDMA (2021):** Sichere Fernwartung. Beispiele von Fernwartungsarchitekturen für einen sicheren Remote Service.VDMA Software and Digitalisation, Frankfurt am Main.