
リコーが考える生産工場のDigital Manufacturing実践事例について

Practical Applications of Digital Manufacturing in Ricoh Production Plant

齋藤 大樹*
Taiki SAITO

要 旨

昨今世界の各所でデジタルデータの活用への取り組みが実施されてきている。リコーインダストリー(株)東北事業所では、中少量の生産規模で、大型・重量物の部品を人手で組み立てることによって高画像、高品質を作り込んでいる複合機の生産現場において、デジタルの力で改善を加速させるリコーが考えるDigital Manufacturing（以下 DM）活動を実施している。目的は、生産現場で働き易さと生産性を両立し、さらに遠隔でのマネジメントや組立作業を可能とする生産スタイルの実現にある。生産に関わるすべての人の視点で、デジタルを使うことでの理想的な業務プロセスを描き、そのためのデバイスやシステムを複数開発し運用することで、工程改善期間を1/8にするなどの成果を上げることができている。また将来に向け360度映像などを活用することで、更なる改善を目指している活動について紹介する。

ABSTRACT

Digital data usage is on the rise worldwide. The Tohoku Factory of Ricoh Industries, Ltd. specializes in the high-mix, low-volume production of high-speed, high-quality multi-function printers (MFPs). This process is characterized by the manual assembly of large and heavy parts. Digital manufacturing (DM) practices have been implemented at this plant as a demonstration of how digital technology to facilitate work.

Our main goal is to create new production styles that enable remote management and assembly work, in addition to achieving both ease of work and productivity at the production site. By utilizing digital technology in the development of various devices and systems, we have reduced the improvement period by 1/8. Additionally, this paper introduces efforts towards future process development using technologies such as 360-degree imaging.

* リコーインダストリー株式会社 プリンタ生産事業部
Printing Production Division, Ricoh Industry Co., Ltd.

1. 背景と目的

1-1 背景

昨今世界の各所でデジタルデータの活用への取り組みが実施されてきている。世界経済フォーラムは、2020年より世界最先端工場「Global Lighthouse」を選出しており経済的効率性だけでなく、デジタル技術を活用したサプライチェーン全体での最適化を通じ、生産性の向上・市場ニーズに応じた柔軟な生産の実現が重要視されている。¹⁾

1-2 目的

リコーインダストリー(株)東北事業所で生産している複合機は中少量の生産規模で、大型、重量物の部品構成が特徴で、機械の中はモータやハーネス、スポンジシールなどの部品が密集し自動化による組み立てが難しい条件となっており、人手による組み付けを実施している。

現状を改善し、今後さらに改善や効率化を追求し働き方を深化させ、現場で働く人に“はたらくに喜びを”を感じてもらえるためには、改善ではなく改革が必要である。

そこで、リコーが考える「DM」の考え方 (Fig. 1) をもとに、新しい生産現場、新しい組立作業を求め、技術獲得から具現化、顧客提供へと取り組んでいる内容について紹介する。

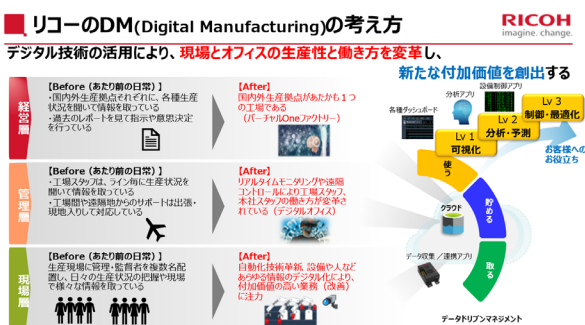


Fig. 1 Ricoh's DM concept.

2. DMのフレームワークについて

2-1 生産現場のDMIについて

2-1-1 生産現場でなぜDMが必要なのか？

DMを活用せずとも生産は可能だ。諸先輩方がQCD改善にも積極的に取り組み構築し標準化してきた紙を使ったアナログベースの業務プロセスが存在し、それを守り、維持し深化させてきたからである。しかし、多品種少量化、高画像・高品質を作り出すための高度な技量が必要となり、作業員1人が覚える仕事量が増し負担となっていた。また、マネジメント側も業務が増えるばかりで課題となっていた。

生産現場で使用する各種変更記録や点検履歴記録などの帳票は、Excelで作ったものを印刷した紙に手書きして、印鑑での審査承認後に、PDF化して保管が実施されていた。デジタルで作られた帳票をアナログで使い、デジタルで保管するプロセスとなっていた。さらに管理・使用されている情報を紐解くと、同一項目の二重管理や情報共有化で削減できる項目など、多くの改善ポテンシャルを含んでいることに気が付いた。そもそも、その業務・情報管理が不要なものまであった。

これらの課題をデジタルの力を活用して解決し、業務のスリム化を図り、個人の生産性を上げることに取り組んだ。

2-1-2 リコーが考えるDMフレームワーク

リコーグループの生産領域においてDM活動を加速、定着化するために、生産に関わるすべての人の業務プロセスをQCDの視点で分析し対象領域と対象業務を選定した。(Fig. 2)

複合機の本体組立現場でも部品加工現場でも、生産を維持するための業務プロセスには共通点が多に多い。取り扱う情報の形式や可視化方法には違いがあるが、生産現場から入手する情報の分類に極端な違いはない。そのことから、常に量産現場を維持するためにどのような情報を使いマネジメントし

ているかを洗い出し、共通した13の業務領域と44のモデル業務を標準化し、3階層（経営層、管理層、現場層）に9つの画面を使って経営指標のKPIをリアルタイムで可視化できるフレームワークとした。この44共通モデル業務を1項目ごとに、どのようにして現場からデータを「取り」、クラウドに「貯め」、どのように「使う」かを検討し具現化した。

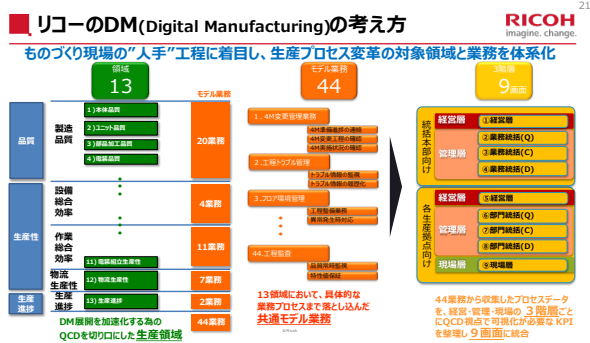


Fig. 2 DM framework.

2-1-3 データを「取る」

人の手による組立作業からは自動でデータは取れない。設備とは違い、信号を出すポートも存在しない。また、工程には、トラブルやミスなどの情報、品質を担保する治具の計測データなどが存在する。

そこで、組立工程には主に3つのツールを導入しデジタル化した。(Fig. 3)

1つ目は「人作業のデジタル化ツール」である。

部品を取った、ねじを締めた、グリスを塗布したなどの組立作業をデジタル化すると共に、欠品や作業忘れを未然に防止する仕組みで、従来の作業に新たな付帯作業（ボタン押下など）を追加することなくデータを取っていることが特徴だ。作業員視点では、データを「取る」が「取られている」に感情が変化し、日常とは異なる作業リズムとなり正確な行動データにならないことや、追加した付帯作業に気が取られ作業を忘れてしまうこともある。付帯作業を追加することなくデジタル化することが重要である。部品箱や電動ドライバーなど作業員が日頃使う備品や工具にセンサーを取り付け、日頃の行動をデ

ジタルに変換するツールとした。同時に、組立手順を間違えた際や、部品取り付けを忘れた際にアラートを出し、組立作業を支援している。²⁾

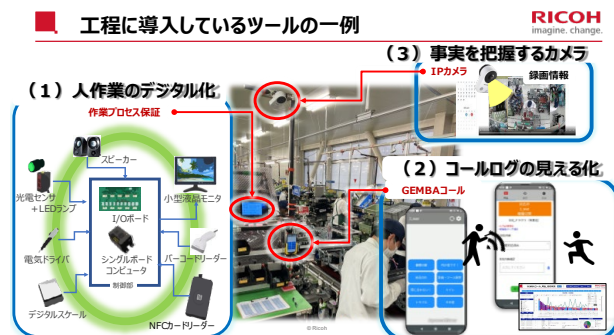


Fig. 3 Tools introduced in the process.

2つ目は「コールログ見える化ツール」である。

従来トラブル発生時は警報ランプ (Fig. 4) の光とブザー音で管理者を呼び出していた。管理者は現場に到着するまでコール内容が分からない、トラブル対応履歴の記載が人によりばらつく、呼出しが続いた際などには、履歴を残すことが後回しにされ記録が残らないなど、人に依存する業務となっていた。この呼出し履歴には多くの改善ポテンシャルが潜んでいるが、可視化することに課題があった。



Fig. 4 Trouble warning tool.

解決策として、スマホアプリを自作し改善した。コールログと対応履歴を即座に残す方法として、呼出しはボタン式とし、対応履歴は選択入力式にした。そのことで、素早く簡単に、統一されたトラブル情

報がデジタル化され現場の効率化と見える化が可能になった。³⁾

3つ目は「事実を把握するカメラツール」である。

組立工程から様々なデータを入手することができるようになったが、データだけでは、その時何が発生し、そのデータとなったのかが分からない。そこで活躍するのが組立工程上空に設置したIPカメラの録画データである。各種デジタルデータと時間軸で結び付けられ、動画データから事実を正確に把握し分析することで、的を射た正しい改善を実現する仕組みとし支援している。

2-1-4 データを「貯める」

データには未知の可能性があり、将来の様々な用途でデータを共通利用できる仕組みが必要である。シリアルNo.や日時、作業者IDなど共通のキーとなるデータを入れ、各種データを統合し易くしている。また、貯める場所も同じクラウドに統一することで、コピーなどの作業を減らし、使い易いデータ環境を構築した。

2-1-5 データを「使う」

現場層、管理層、経営層にいかに使ってもらえるデータにするかである。各層が求めるKGIやKPI、QCDに合わせ可視化する必要があるため、可視化する期間や頻度に差がある。また、現場層においては、グラフやデータが見えたとしても読み取るスキルにも差がある。全員がインパクトを受け次の行動に移るためには、直感的で分かり易い可視化が必要だ。さらに「使う」の領域は可視化がゴールではない。可視化された事実から改善を行い、QCDに効果を出すところまでが「使う」の領域である。

データを使いこなし改善ポテンシャルを見つけ出すDM活用力と、QCDにつなげる現場改善力の育成が必須であり、全社を挙げて人材育成を進めている。

このようにデータを「使う」の領域には終わりがなく、これまでDMを推進してきた学んだ。

3. DMを活用した生産現場改善³⁾

3-1 人手による組立現場でのDM活用

3-1-1 DM実践活動

これまでも様々な問題・課題に対し、IEやQC手法を使い全員でQCD向上と、働き易さ向上の改善活動に取り組んできた。改善活動は同時に人づくりともなり、経営を支える基盤ともなる。

DMを加えることで、組立作業を実施している人の作業改善や、マネージメント側の管理業務改善など会社全体の業務を対象とし改善を進めている。

(Fig. 5)



Fig. 5 DM practical activities.

これまで改善ポテンシャルを見つけ出す方法として、作業者への聞取りや、経験から対象作業や業務を割り出していた。その後、改めてストップウォッチやビデオカメラを使い、事実を確認する作業を行っていた。

今は、常に現場の自然な状態が自動的にデータと画像として取り貯められている。そのデータからシステムが自動的にポテンシャルを分析・予測し、管理者に提示している。そのことで、即改善の具現化に着手し、即効果を得ることが可能となった。従来と比較し改善のPDCAを時間として1/8に短縮した。

(Fig. 6)

改善を高速に並行して多数実施することで、工数低減率は加速しFY18と比較し11%減少した。(Fig. 7)

このようにDMに投資した費用を現場改善で回収するプロセスが構築できた。

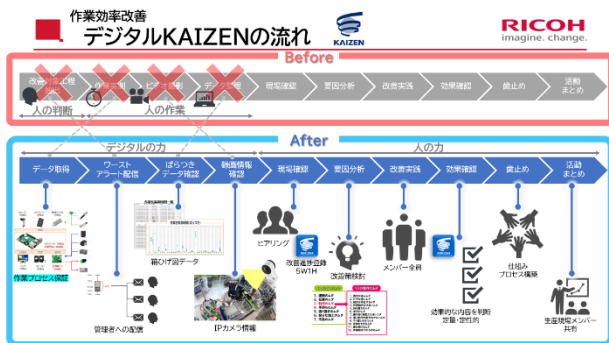


Fig. 6 Improvement process using DM.

ワースト1位をアラートとして現場管理者に配信している。(Fig. 8)

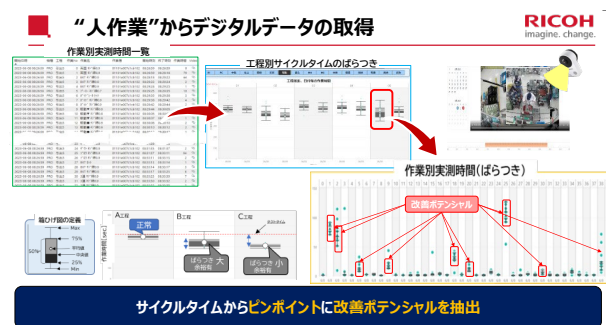


Fig. 8 How to see improvement from a boxplot.

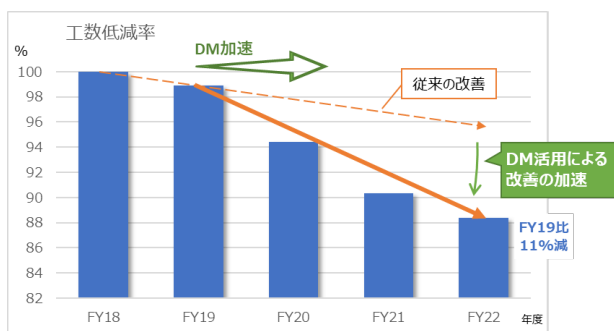


Fig. 7 Improvement effect by using DM.

3-1-2 現場改善事例⁴⁾

人作業のデジタル化ツールを使い可視化し、改善プロセスを構築した事例について紹介する。

生産台数分の繰り返し作業時間のログデータから、作業時間のばらつきを箱ひげ図で可視化した。ばらつきの少ない作業は、いつも同じ作業が同じ時間でできていることを示し、そのことは同時に品質にもばらつきがないことを示す。

全工程を横並べすることで、改善すべき工程が一目で分かる。さらに1要素作業時間単位でログを取得しているため、ばらつきが大きい工程からさらにドリルダウンし、ばらつきが大きい要素作業までを一瞬で特定することが可能である。この分析をアプリ (Microsoft power BI) が自動で実施し、ばらつき

アラートを受け取った現場管理者は、取り貯めた様々なデータと映像データとを組み合わせ、事実を正確に把握し、適切な改善の具現化へと進める。

ワースト1位となった工程の多くは、工程の作り方や、作業方法に問題があり、作業員はその環境下で、ばらつきのない作業を実施しようと苦戦していることが多い。管理・監督者側が実施した工程設定の不備がばらつきとして表面化しているのである。

従来、この事実を把握するために、管理者は作業員に聞き取りを行うことが多かった。聞き取りは事情聴取の作業のため、作業員は自分の作業の方法に不備があるのではないかと、本音を言いづらい雰囲気となり、パートナー関係にも溝が生じることがあった。

人作業のデジタル化ツールと事実を把握するカメラツールを活用することで、その時に何が発生してばらつきのある作業となったのか事実をもとに会話し、正確に把握することで双方の気まづさがなくなり、即改善・修理することで、作業はし易くなり品質も安定し、作業員、管理・監督者が共に“はたらくに喜びを”を感じる改善プロセスとなった。

4. 更なる高嶺を目指した取り組み ^{5,6)}

4-1 生産現場の深化へ向けたDM化の課題

生産現場は常に生産性を求め、改善や自動化を進め工程のレイアウト変更にも、短時間で柔軟に対応してきた。そのため現場に導入するエッジデバイスはWi-Fiを使い社内ネットワークに接続する方法とし、LANケーブルの敷設作業などをなくすことで柔軟性を持たせてきた。しかしDMを進めるにつれ、作業台には多くのセンサー類を設置することとなり、柔軟性が失われた。工程ではDMが重荷となり深化が鈍化することに直面した。さらに各種製品保証上重要な検査治具もWi-Fiで接続し検査データをアップロードしていた。現場にはそれ以外にも様々な生産設備やPCが配置され、Bluetooth機器やRFIDなどWi-Fiと同じ2.4GHz帯を使うデバイスが多く存在し、電波干渉することもあった。密集した工程に大量のデバイスが存在し、リアルタイムにデータをアップロードすることで、一時的にネットワークが過負荷状態となり接続できず、生産進捗にも影響を与える事態もあった。Wi-Fiには5GHz帯と2.4GHz帯が存在する。帯域とチャンネルをデバイスごとに振り分け管理したが、特に2.4GHz帯は多くのデバイスが使用しており課題となっていた。

今後さらにDMを加速・深化させるには、生産現場のエッジデバイスをスリム化し、少ないデバイスで、より多くの情報を得るシステムが必要だ。

そこで着目したのが映像の活用である。

柔軟性を維持しつつ、映像を最大限活用するため導入したのが5Gの通信技術である。

5Gの特徴は3つ「高速大容量」「多数同時接続」「低遅延」である。この特徴は、人手による生産現場でのDM化に非常に重要な役割を持つ。

4-2 映像の価値

映像はその時の事実を正確に捉えている。映像データには2通りの活用方法がある。

1つ目は、これまで述べたようなデジタル化ツールとしての活用だ。映像に検出枠を設け、一定の条件でタイムスタンプが押されるような仕組みや、人のシルエットを骨格情報に置き換え、AIを活用し行動分析するなど、従来センサーやスイッチなどを使いデジタル化していた領域を代替える方法だ。

2つ目は、映像そのものの価値は見る側が決め・感じる活用だ。前者で述べたようなデジタル化し情報を取り出すことは、それを決めた人のスキルに依存する。しかし、映像は無限の可能性を持っている。見る人のスキルや感情、捉え方によって新しい価値やポテンシャルになる。数値データからは感じ難い臨場感が得られる。この考えは非常に大切で見る側のスキル向上にもつながる。

5. 映像データの活用

5-1 4K 360°映像を活用した新しいリモート工場見学と技術支援

5-1-1 狙い

東北事業所が受け継いできたことの1つに「三直三現」がある。現場・現物を大切に、問題が起こったら「① 直ちに現場に行き」「② 直ちに現物を調べ」「③ 直ちに現時点での手を打つ」である。働き方が多様化する中、対面に対応する以上に、より現場に近く、より遅延なく現場対応するため、リアルタイム映像技術が必要だと考えた。この考えは、コロナ禍において多くの企業が取り組んだリモート工場見学にも活用できる。

生産現場は部品棚や作業台が通路に面して並んでおり、作業者の手元や工程全体を把握するためには通路から中に入らなければならない。生産中に立ち入ることは、作業者の集中を妨げるだけでなく、品質にも影響を与えかねない。作業者に迷惑をかけず、

ドローンのように自由に移動し、見たい場所を自由な画角に合わせてリアルタイムに確認することができないかと考えた。加えて会話機能を使えば遠隔地からの現場対応が可能だ。

5-1-2 具現化

「見たいところを自由に」「リアルタイムに」のキーワードを実現する構成要素は大きく3つある。

1つ目は360度映像の活用である。すでに実績のある360度4K映像カメラのRICOH THETA Z1®と配信ソフトのRICOH Remote Field®を選定した。360°の映像をルームに参加した人全員が自由に画角を変えて閲覧でき、会話も可能であるためだ。(Fig. 9) ①

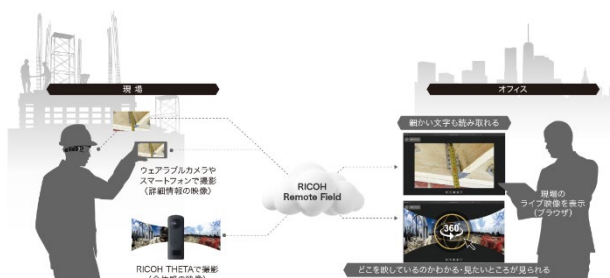


Fig. 9 RICOH Remote Field.

2つ目は移動体である。始めにサッカー中継でグラウンド上空から選手を追いかけるように配信される映像を思い浮かべた。

その仕組みは、グラウンド上空にワイヤーを張り、カメラを搭載した移動体をリモコンで操作するものだった。同じように我々も試してみた。するとワイヤー自体の重量とカメラ、移動体の重量でワイヤーが扇状にたるみ、THETAの映像を見ている方は常に画角を操作しながら閲覧する必要がある。そのため、狙いとした自由に好きな画角で閲覧することが難しいことが分かった。

そこで、天井にモノレールを模擬したレールと移動体を自作した。選定したパーツは入手性と安価をキーワードとした。国内外の誰でも簡単に真似できるシステムとすることが狙いだ。

移動速度は、対面での工場見学や技術支援をする際のスピードとして、0~2Km/hの可変式とした。じっくりと、見たいところを自由に、複数の画角から見ていただくためだ。(Fig. 10)

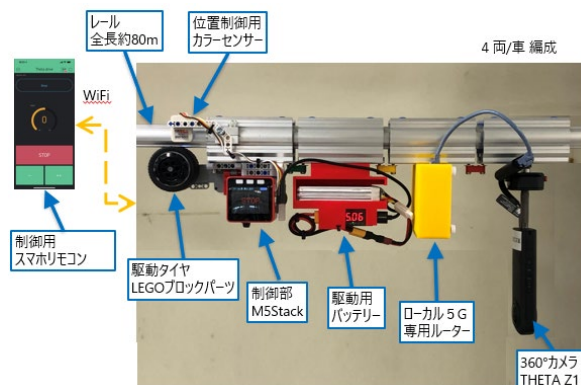


Fig. 10 THETA mobile unit.

3つ目は通信方法である。4K 360° 30fpsの動画データは非常に重いものだった。また、カメラが移動することで、映像の変化点が多く、常に大量のデータが出力される。そこで、ローカル5Gを活用した。このシステムは「高速大容量」「低遅延」を実現し、システムを現実のものにしてくれた。

工程の真上からの映像は、作業者の手元から作業台を含む現場全体を遠隔地に対しリアルタイムに伝え、実際に工場に来て対面で見ると以上の臨場感を伝えるものとなった。(Fig. 11)

また、会話機能を使い、現場全体を見ながら的確に会話し作業を把握することが可能となり、遠隔地からの支援も可能で働き易さが向上した。



Fig. 11 Top view of main unit assembly process.

6. 生産現場の目指す姿

生産現場には更なる改善が求められる。今後加速する多品種少量生産や、複合機組立では難しいと言われ、いまだチャレンジしたことのない混流生産など、より高度なスキルと、高い信頼性を必要とする領域に成長していかねばならない。働き易さの視点からは、場所を選ばない組立作業やマネジメント業務など、新しい生産スタイル「Virtual One Factory構想」も目指す姿としている。

そのためには、

- ・ VR (Virtual Reality: 仮想現実) やMR (Mixed Reality: 複合現実), AR (Augmented Reality: 拡張現実) といった現実世界と仮想世界を融合させ、遠隔地からでも作業指示や作業教育、作業支援ができる技術
- ・ 大量のデータから最善のマネジメントや作業手順を導き出す量子コンピューティング技術
- ・ 動画データから骨格推定や姿勢推定などで組立作業を保証し実績を管理するAI技術
- ・ 誰でも簡単に使えるエッジデバイスの開発技術

新しいそれぞれの技術を、それぞれのデバイスで使うのではなく、スマホ1台に集約して使うことができるようになったら、誰でも、離れた場所でストレスを感じることなく、あたかも同じ空間で作業しているかのような、新しい生産スタイルに働き方を変革することができる。また、この効果は雇用にも表れ工場に来ることのできない人も、自由な場所で仕事が可能となる。

その際、懸念されるのが、セキュリティー面である。

5Gはその点でも有利である。エッジ端末のSIM認証をサーバー側で実施しているからだ。ほかにも、個人情報となる人やモノの映像は、AIを使い骨格情報への変換や、モザイク処理などで排除し、作業を再現するにはアバタに代替えさせるなど工夫が可能である。

自由な場所で、工場と同じ支援と品質を確保するシステムこそ生産現場に“はたらくに喜びを”をもたらしものと信じ具現化に向け活動を続けていく。(Fig. 12)

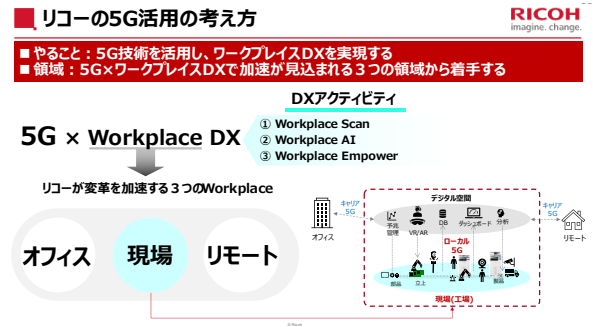


Fig. 12 Ricoh's approach to utilizing 5G.

7. おわりに

本稿では、リコーの生産現場が考えるDMフレームワークを基礎に人手作業におけるデジタル化のポイントと、目指すべき生産現場の将来像に向け、リモート工場見学ツールや、自立型工場ワークプレイスの概要について紹介した。

今後もこれらの活動を加速させ、働き易さを向上させるため、一人ひとりが先端技術を活用することができるデジタル人材育成と、それらを具現化する現場力の両輪を強化し改善活動を進める。(Fig. 13)

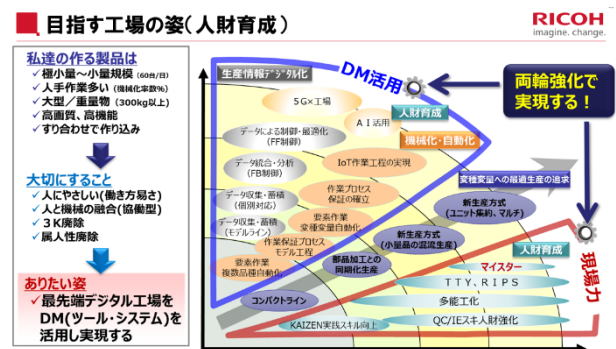


Fig. 13 What kind of factory are we aiming for? (Human resource development)

またこの活動は、Virtual One Factory構想や工場見学などを通じ、自社にとどまらず社会貢献を実現し更なる“はたらくに歓びを”を感じることでできる社会の実現に向け進歩していく考えである。

リコーインダストリーは“はたらく”に寄り添い、変革を起こし続けていくことで人ならではの想像力の発揮を支え、“はたらくに歓びを”を感じる持続可能な未来の社会を創る活動を今後も継続していく。

参考文献

- 1) 経済産業省: 2023年版ものづくり白書,
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2023/index.html>.
- 2) 日本インダストリアル・エンジニアリング協会: IEレビュー, 322号, 現場改善の新たな動向, DMツール開発・実践活用による生産改革への取り組み.
- 3) 株式会社リコー: RICOH らくらくKAIZENサービス GEMBAコールオプション, <https://www.ricoh.co.jp/service/rakurakukaizen/gembacall>.
- 4) 日本インダストリアル・エンジニアリング協会: IEレビュー, 329号, ものづくりとは何か : ものづくり再考, デジタルと現場をつなげるモノづくり.
- 5) 株式会社リコー: リコー, ローカル5Gを活用したデジタル技術を製造工程に実装, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000085.000043114.html>.
- 6) 第5世代モバイル推進フォーラム (5GMF): ローカル5Gを製造工程に実装しDM (Digital-Manufacturing) を推進, リコーインダストリー東北事業所が取り組むローカル5G活用の3つのユースケース, <https://5gmf.jp/local5g-kanmin/5688/>.
- 7) 株式会社リコー: RICOH Remote Field, <https://www.ricoh.co.jp/service/remote-field>.