

技術論文

AI作業分析による生産現場の効率向上の取り組み

Enhancement of Production Site Efficiency Using AI-Assisted Operation Analysis

黒田 恭平
Kyohei Kuroda
足立 貴嗣
Atsushi Adachi
伊藤 匠
Takumi Ito
滝本 大介
Daisuke Takimoto

国内の就労可能人口の低下・若者のものづくり離れによる労働力不足に対応すべく、コマツではKom-micsによる生産設備の稼働状況の見える化や設備の生産性改善を進めてきた。一方で生産現場で重要な要素の一つである作業者が見える化できていないため、手扱い作業がネックである現場では効果的な改善が進みにくい場合があった。そこで本稿では、Kom-micsおよび開発した作業者の見える化技術、生産設備の稼働データと合わせた実現場での活用事例について紹介する。

To address labor shortages and decline of younger generations willing to work in manufacturing sectors in Japan, Komatsu has advanced Kom-mics to visualize and improve productivity of facilities. Improvement of worksites where manual labor are bottlenecks, however, has been slow, because visualization of workers were not achieved. This paper presents development of AI-assisted worker visualization technology for Kom-mics, and examples of production efficiency enhancement using this technology.

Key Words: Kom-mics, 作業員, 見える化, AI

1. はじめに

建設機械の部品加工は多品種少量生産で需要変動による生産変動も大きい。そのため、既存の設備やラインに混載して生産する。そのため、機械加工では作業員が介在し多くの手扱い作業を伴いながら生産している。一方で、世の中では国内の就労可能人口の低下や若者のものづくり離れによる労働力不足が懸念されている。これらはコマツでも同様であり、生産性向上による1人当たり生産金額の向上が喫緊の課題となっている。

2. Kom-mics概要

2.1 Kom-mics全体像

この課題解決に向けてコマツではKom-mics^[1]を開発している。コマツ社内には工作機械や溶接ロボット、熱処理装置等のさまざまな生産設備がある。これらからデータを取得しクラウドに蓄積、そのデータをアプリで見える化するのがKom-micsである(図1)。

このKom-micsをコマツ社内だけでなく、協力企業にも展開することでサプライチェーン全体の生産を見える化し、ムリ・ムダ・ムラの削減を手助けするシステムとして機能している。

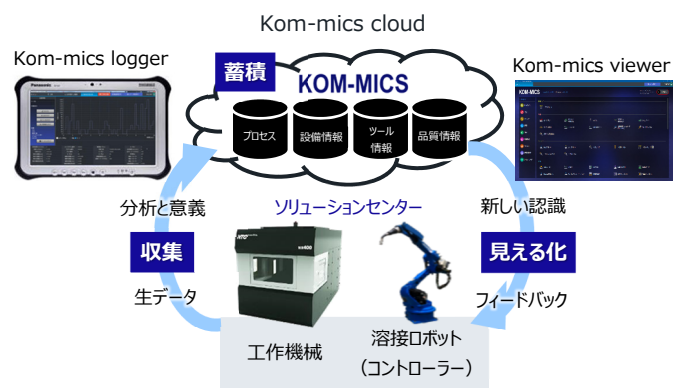


図1 Kom-mics全体像

2.2 Kom-mics見える化アプリ

Kom-micsでは取得したデータから早期の問題発見や改善につなげるために見える化アプリを用意している。

2.2.1 稼働率

リアルタイムな設備稼働データを集計することで設備ごとの稼働率に加え、ラインや建屋、工場単位での稼働率も確認することができる(図2)。また日単位の稼働率のほか、週次や月次の稼働率を見ることができるため、長期的な稼働率の推移を追うことも可能である。

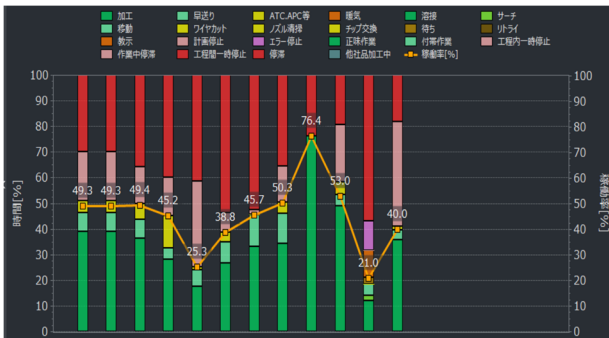


図2 稼働率

2.2.2 タイムチャート

横軸に時間、縦軸に日付・設備を表示した形でタイムチャートを表示できる(図3)。いつ・どの部品・どの工程を行っていたか、またそのなかでどのタイミングでどの長さの停止が発生していたか確認できる。

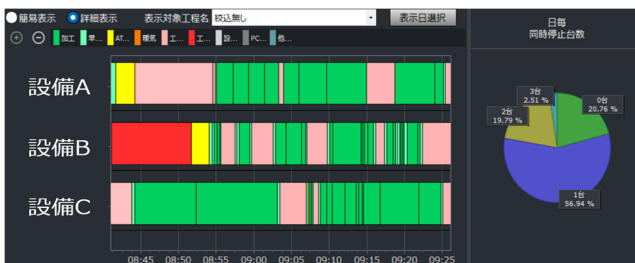


図3 タイムチャート

2.2.3 切削抵抗

更に詳細な工程内の情報も見ることができる(図4)。工作機械の加工工程において、どのNCプログラムを動かした際にどのような力がかかり、どのような切削パスで動いたかが分かるようになっている。これにより、加工条件向上やエアカット廃止といった改善が容易に行うことができる。



図4 切削抵抗

3. 作業者の見える化

3.1 概要

前述のとおりコマツでは多品種少量生産であり、生産計画によって各設備で生産する品番が日々変化する。パッチラインでは生産品番の組合せによって複数設備が同時に停止するマルチ干渉が発生し、稼働率が50%以下となる場合もあった。そういった現場においては、停止要因となる作業者の手扱い作業を見える化し、停止時間を削減することが必要である。そこでAIを用いた作業者の見える化技術を開発し、Kom-mics viewerで設備データと一緒に作業者データを見ることができるシステムを開発した。

3.2 作業者の見える化システムについて

設備の稼働データを収集するKom-mics loggerに人物を検出するAIを組み込んだ(図5)。Kom-mics loggerにWebカメラを接続し、1秒ごとに画像を取得しながらリアルタイムに作業者の有り・無しをAIが判定する。そしてその結果を設備の稼働データと紐づけて、Kom-mics cloudにデータ蓄積する仕組みとなっている。

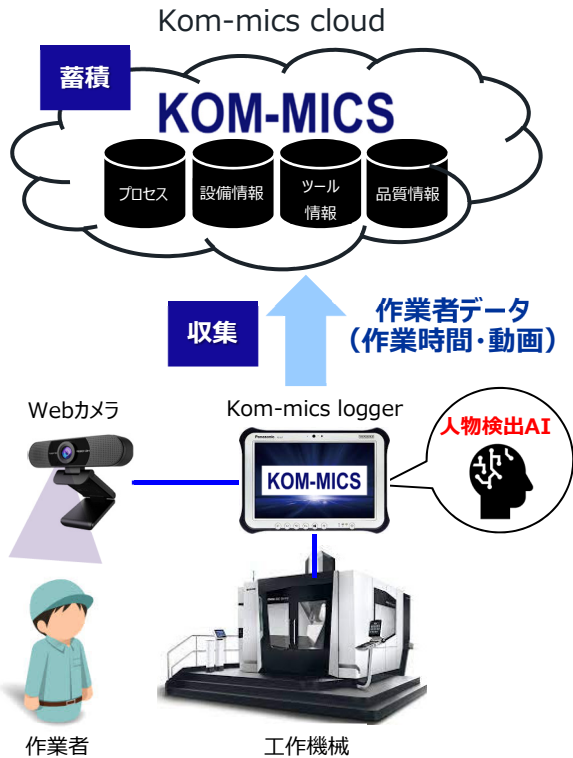


図5 作業員の見える化システム構成

生産現場を撮影した画像が図6である。図6に示すようにユーザーが作業エリアを定義し、そのエリア内でのみAIによる人物検出を行い、作業エリアごとの作業時間を出力する仕組みとしている。こうすることで、通路や隣接するほかの設備の作業員が画像に映りこんでもそれを作業員として認識しないため、より正確に作業時間を算出できる。



図6 作業エリアの設定

本システムでは軽量化したAIを用いることで、安価なエッジ端末でリアルタイムな人物検出を可能としている一方で、撮影する現場環境によって誤検出が発生する可能性がある。誤検出例を図7、8に示す。誤検出した内容を見ると①誤検出した物体が人物に比べて小さいが、AIが出力するスコアが比較的高いもの(図7)、②誤検出した物体が人物と同程度の大きさだが、スコアが低いもの(図8)の2パターンあった。この両方の誤検出を除外するために、①人物と検出した大きさの閾値と②AIが出力するスコアによる閾値の両方を設定可能にした。閾値を設定した場合は閾値を超えた場合のみ作業員有りとしてデータが出力される。

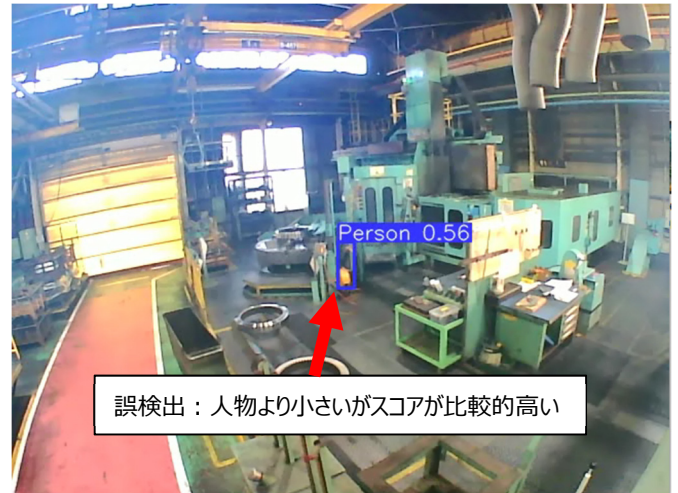


図7 誤検出例1

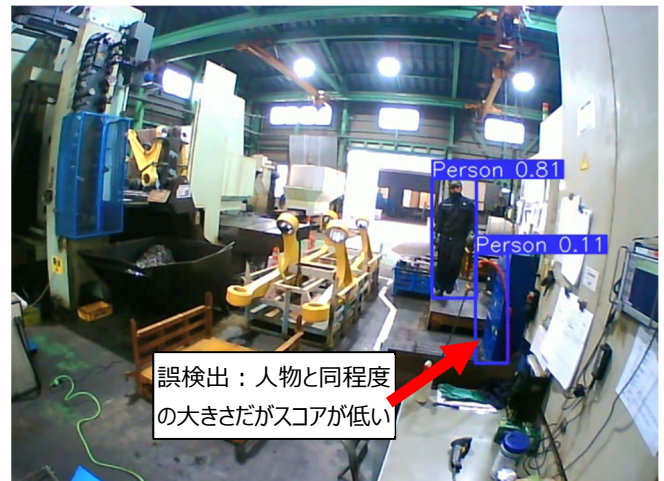


図8 誤検出例2

3.3 見える化アプリ

取得した作業データは設備の稼働データと紐づけてKom-mics cloudに蓄積し、下記の見える化アプリでそれらのデータを確認できる。

3.3.1 タイムチャート

設備のタイムチャートに作業者のタイムチャートを並べて表示する(図9)。これによりどの品番のどの停止中にどの程度の手扱い時間を要していたかを把握できる。また複数設備を並べて表示できるため、作業者がどの順番で作業をしたか、駆付けロスの発生時に他の設備で何をしていたか、マルチ作業エリア外の時間等を把握することができる。

機械：加工 工程内一時停止 工程間一時停止
人：機内作業 機外作業

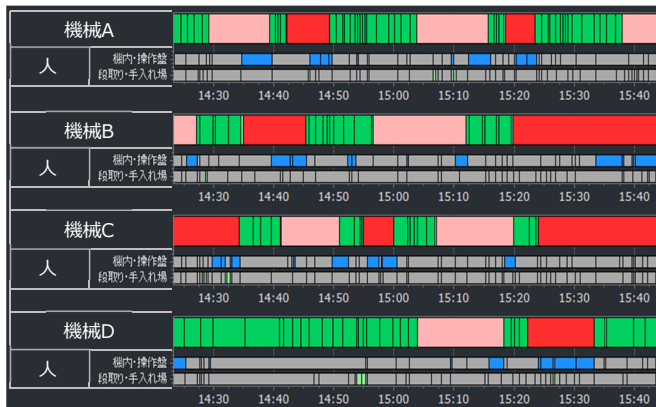


図9 設備・作業者のタイムチャート

3.3.2 簡単カイゼン

Kom-micsには改善を推進するためのアプリで簡単カイゼンアプリがある。これは1か月分の設備の正味作業時間(加工時間、溶接時間等)、工程内一時停止時間、工程間一時停止時間を集計し見える化するアプリである(図10(a))。このデータに作業者のデータを追加することで、設備別の手扱い作業時間を見える化した。

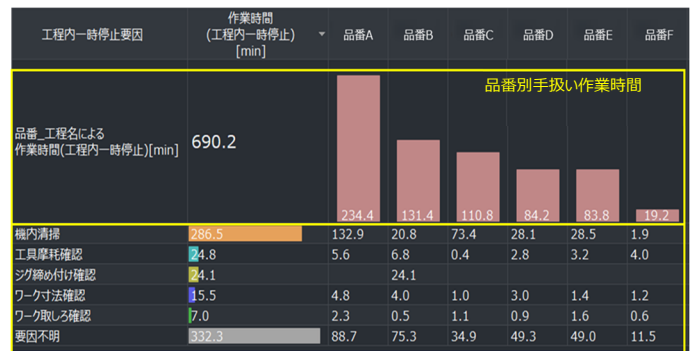
また品番別の内訳も見ることができる。図10(b)は、品番別の工程内一時停止中の手扱い作業時間である。これによりどの品番に手扱い作業時間がかかっているかを簡単に把握できる。更にプログラムに停止要因コメントを予め入力しておくことで、その停止要因ごとに作業時間を集計でき、どの手扱い改善の効果が大きいかすぐに分かる仕組みとなっている。

図10(c)は、プログラム間の工程間停止中の作業時間である。縦軸に工程間停止の“直前の品番”，横軸に工程間停止の“直後の品番”を表示している。こうすることで、工程間停止直前と直後の品番が同じ場合にはワーク交換の時間(水色四角)、直前と直後の品番が異なる場合には、治具交換を含む段取り時間が分かる(赤色四角)。この例ではワーク交換時間は品番に依らず2min/回、加工品番が変わった場合の段取り時間は

30min/回程度かかっていることが分かる。

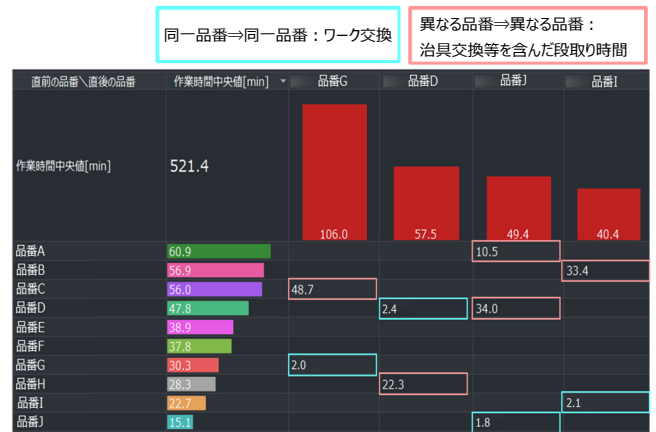
設備名	1か月間の設備の加工時間/停止時間			1か月間の作業者による手扱い作業時間			アーム [min/month]
	正味作業 (加工・溶接・ 正味作業時間) [min/month]	工程内一時停止 作業中停止 [min/month]	工程間一時停止 停止 [min/month]	駆付けロス時間 (工程内一時停止) [min]	駆付けロス時間 (工程間一時停止) [min]	作業時間 (工程内一時停止) [min]	
設備A	13465.1	1746.9	2078.5	85.0	569.8	628.3	2.8
設備B	16595.7	1806.3	1531.5	278.7	151.4	276.8	43.0
設備C	10421.3	108.0	10690.2	12.1	637.3	1228.5	0.0
設備D	12825.5	793.8	11798.5	05.2	864.9	1163.5	0.0
設備E	12289.1	1057.3	2790.8	681.2	563.0	858.3	18.0
設備F	4172.6	896.8	1048.6	114.7	149.3	810.4	6.2
設備G	3680.0	45.3	649.3	58.3	4083.7	653.2	0.0
設備H	3602.9	780.1	2749.8	644.4	269.8	602.0	40.4
設備I	8885.8	802.0	16551.1	793.6	8073.4	565.8	0.3
設備J	4459.7	1728.4	7542.8	1097.0	4442.4	526.4	116.8
設備K	7265.3	75.1	8570.7	8.0	2839.2	26.8	0.1
設備L	3370.1	132.7	7153.4	30.6	3445.1	1.0	8416.8
設備M	3121.6	65.0	7539.5	2.9	816.5	1.0	68.2
設備N	3500.5	77.8	7257.2	0.2	395.4	0.9	56.4
設備O	20851.8	137.0	7534.0	0.0	0.0	0.0	0.0
設備P	28328.3	1137.8	3165.4	0.0	0.0	0.0	5.3

(a) 設備一覧画面



停止要因別手扱い作業時間(下段)

(b) 工程内一時停止中の品番別手扱い作業時間



(c) 工程間一時停止中の手扱い作業時間

図10 簡単カイゼン

4. 適用事例

このようなアプリを活用し社内および協力企業で改善検討を行っている。

4.1 単体設備への適用

本システムを設備1台に適用し改善した事例について紹介する。**図11**に示すターニングセンターに加工機内や外段取りエリアが映るようにカメラを設置し、赤枠で示す作業エリアごとに作業データを取得した。

Kom-micsで稼働率（**図12**）を取得すると30%前後と低く、工程内一時停止の割合が高いことが分かった。**図13**に示す簡単なカイゼンアプリでその工程内一時停止中の作業時間を見ると、手扱い作業が最も長い品番およびその作業内容の内訳が見える化できた。作業内容としてはワークの寸法確認や芯出し、工具確認といった手扱い作業に時間を要していることが確認できた。

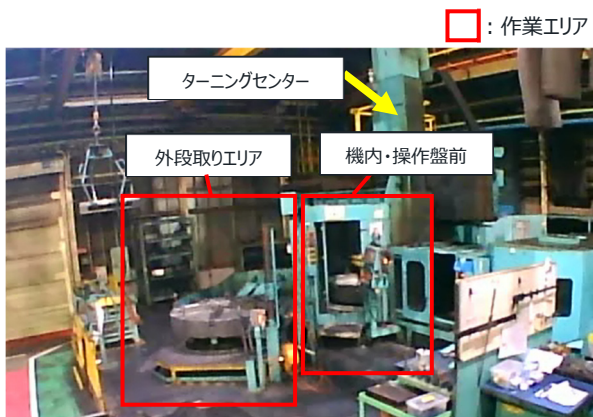


図11 対象設備

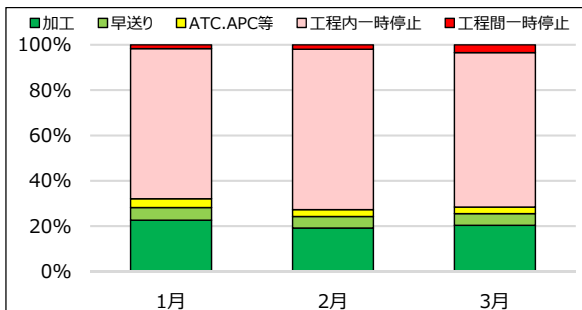


図12 月別稼働率

手扱い作業による停止時間が最も長い品番

品番	品番A	品番B	品番C	品番D
工程内一時停止要因	3818.2	3402.3	3118.6	2760.4
ワーク寸法確認	2609.6	650.3	523.8	66.9
ワーク芯出し作業	2518.7	760.6	468.6	987.2
工具確認	2113.2	300.1	0.1	0.0
切屑除去	1855.0	280.0	815.4	69.0

図13 簡単なカイゼン（工程内一時停止中作業時間）

その品番についてタイムチャート（**図14**）を確認すると、作業員不在で機械が停止する駆付けロスが大きいことが確認できた。駆付けロスが大きい理由は、作業員が本設備を含め3台の設備をマルチで作業しており作業員ネックとなっていたからである。エアブローツール導入により切屑除去のための工程内一時停止を廃止するといった改善を行うことで、作業時間に加え駆付けロスも減少しサイクルタイム50%低減することができた。

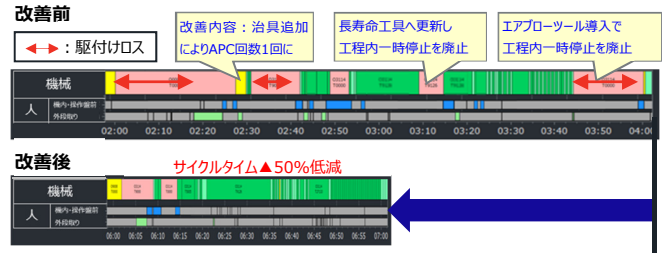


図14 タイムチャート

4.2 マルチ作業現場への適用

図15に示す旋盤4台が向かい合う機械加工現場にて、本システムを導入し見える化および改善検討を実施した。作業員1人が旋盤4台を使い部品を加工しているマルチ作業現場である。

Kom-micsで設備の稼働率を取得すると、どの設備も40%以下と低く、また停止では工程内一時停止よりも工程間一時停止の割合が高いことが分かった（**図16**）。

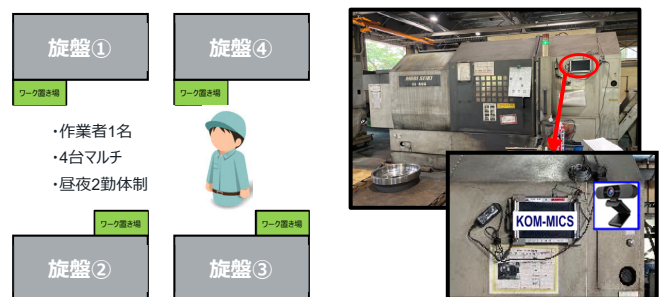


図15 現場イメージ

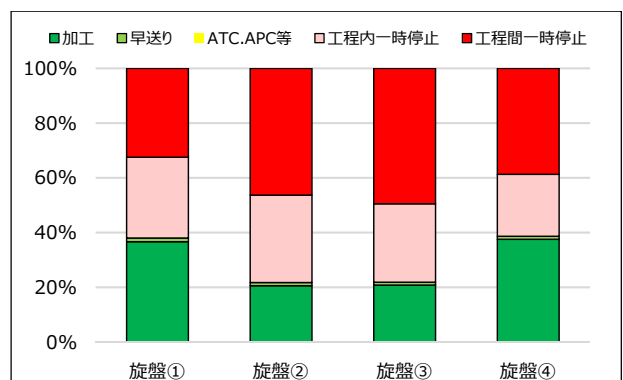
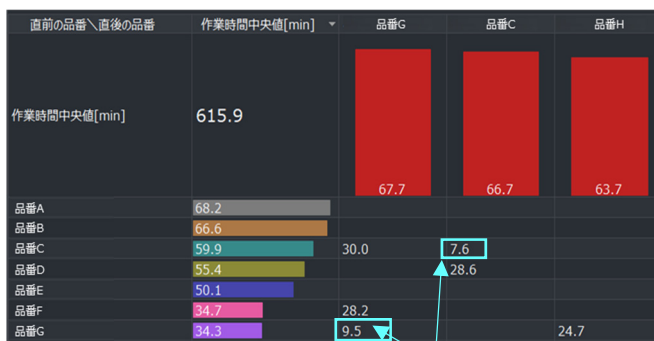


図16 平均稼働率

簡単カイゼンアプリで工程間停止中の作業時間（図17）を見ると、同一品番のワーク着脱作業に8～9min/回とほかの現場に比べて時間がかかっており、工程間一時停止の割合が高い原因となっていることが分かった。ほかの現場ではワーク着脱は2min/回であるため、この現場ではワーク着脱以外の作業が何か発生していることが推測できる。作業内容を動画で確認すると、ワーク着脱作業自体は2min/回だがワークチャッキング前に通常不要であるはずのグラインダー作業をしており、これに時間を要していることが分かった。これは素材の寸法バラつきが大きいために、グラインダーで加工前に手入れをしていたためであった。このグラインダー作業を廃止しワーク着脱2min/回のみでできれば、7%のサイクルタイム低減につながる事が試算できた。



同一品番のワーク着脱作業に8～9min要している

図17 簡単カイゼン（工程間一時停止中作業時間）

またタイムチャートを確認すると（図18），作業者が休憩以外の時間で4台のどの設備の前にもいない時間が2h/日発生していることが分かった。その間に設備が停止し低稼働率となっていた。動画を確認すると、作業者がフォークリフトで加工前のワーク搬入、加工後のワーク搬出のために作業エリア外に出ていることが分かった。本来フォークリフトの専従作業者がいるが、その作業者と連携が取れておらずタイミング良くフォークリフトが来ない場合に、機械加工の作業者が自分でワーク搬送をしていた。もしこの作業者不在時間2h/日を無くすことができれば、稼働時間が2h伸び10%の出来高向上につながる事が試算できた。

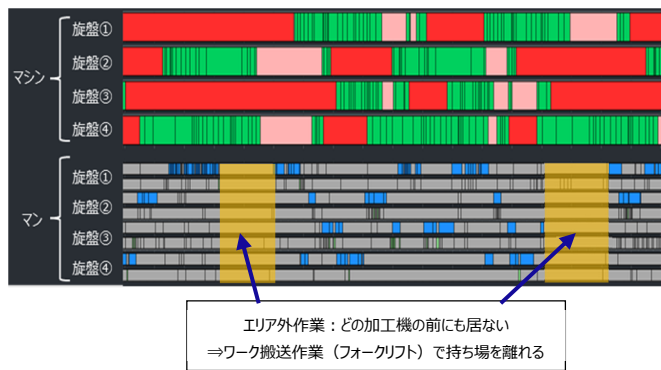


図18 タイムチャート

5. おわりに

本報告書「AI作業分析による生産現場の効率向上の取り組み」の研究・開発において得られた結果を以下に記述する。

- (1) 軽量化したAIを用いることで安価なエッジ端末でリアルタイムに人物検出が可能となった。
- (2) 本システムを生産設備1台に適用することで、手扱い作業時間が長い品番の洗い出しが可能となり、改善効果の大きい品番から効率的に改善できた。
- (3) マルチ作業現場においても本システムを用いることで、作業者の動きを追うことができ、停止要因・稼働率低下の要因を推定可能となったことが確認できた。またそれに対する改善効果を算出できた。

参考文献

- [1] 齋藤尚登, 坪井啓介, “生産現場“つながる化” KOM-MICS”, KOMATSU TECHNICAL REPORT, 2016, VOL.62 No.169, p.9-14

筆者紹介



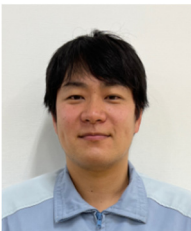
Kyohei Kuroda
黒田 恭平 2015年, コマツ入社.
生産本部 生産技術開発センタ所属



Atsushi Adachi
足立 賢嗣 2011年, コマツ入社.
生産本部 生産技術開発センタ所属



Takumi Ito
伊藤 匠 2013年, コマツ入社.
生産本部 生産技術開発センタ所属



Daisuke Takimoto
滝本 大介 2006年, コマツ入社.
生産本部 生産技術開発センタ所属

【筆者からひと言】

今後更に生産現場においてAI・IoTが活用され、改善活動の手助けとなることを期待したい。そのために最新技術を常にキャッチアップしながら、それを織り込んだシステムを開発していきたい。