

設備/ロボットの信頼性を起点とした 保全/自動化の進化(Vol.2)：

- Reliability Engineering
- Maintenance System
- Automation & Robotics

川崎重工業株式会社

精密機械・ロボットカンパニー

ロボットディビジョン

自動車システム部 酒井浩久



 **Kawasaki**
Powering your potential

カワる、
サキへ。
Changing forward

【ゆっくり】

皆さんおはようございます。川崎重工業の酒井です。本日は佐藤先生のご紹介で、再度このような貴重な機会をいただきました。まずは再びお招きいただいたことに感謝申し上げます。

本日のテーマは『設備・ロボットの信頼性を起点とした保全・自動化の進化』です。

タイトルは少し長いんですが、言いたいことはシンプルです。設備をどうやって止めないか。止まったらどう早く復旧するか。そして、その経験をどう次の改善につなげるか。今日はその話をしていきたいと思います。

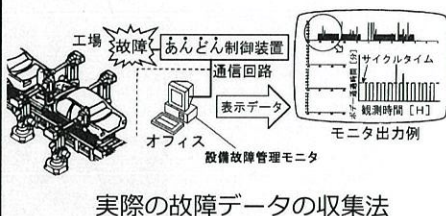
副題としてReliability Engineering、Maintenance System、Automation & Roboticsという3つの言葉を置いています。

一見すると別々の分野に見えるんですが、実際の工場では全部つながっています。設備が止まれば生産は止まります。ロボットを入れてもチョコ停が多ければ成果は出ません。保全が属人的だと改善も人材育成も続きません。

今日はそのあたりを現場目線でお話したいと思います。

本日のメッセージ

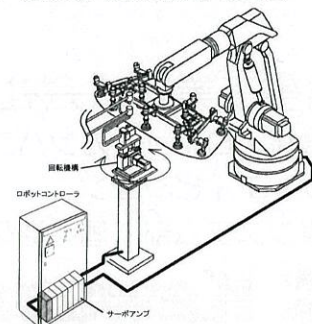
- 設備・ロボットの信頼性は、生産システム全体の土台である。
- 保全は「壊れてから直す」活動から、「兆候をつかみ、止めない」活動へ進化している。
- 自動化の本質は、人を置き換えることではなく、異常を見える化し、人の判断を強くすることである。



実際の故障データの収集法



トラブルシューティング・分解構造



モール一体成型自動化

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Kawasaki
Powering your potential

2

【ゆっくり】

まず最初に、今日一番お伝えしたいことを3つだけ共有します。

1つ目は、設備・ロボットの信頼性は、生産システム全体の土台だということです。品質も安全も生産性も、設備が安定して動くことが前提です。ただし大前提として、絶対に止まらない設備はありません。どんな設備でも必ず止まります。だから大事なのは、どれだけ止まりにくくするか。そして止まった時にどれだけ早く復旧できるかです。

2つ目は保全の考え方です。昔は壊れてから直すのが中心でした。しかし今は違います。兆候をつかんで止めない。止まっても早く戻す。そういう活動へ進化しています。

3つ目は自動化です。自動化は単なる省人化ではありません。異常を見つける。止める。呼ぶ。待つ。人が正しく判断できる状態を作る。これが本質です。今日はこの3つを軸にお話しします。

+絵の説明 “実際の故障データの収集法” “トラブルシューティング・分解構造” “モール一体成型自動化”

Layer 1の位置づけ

■Layer 1：

技術基盤 — 設備・ロボットの信頼性

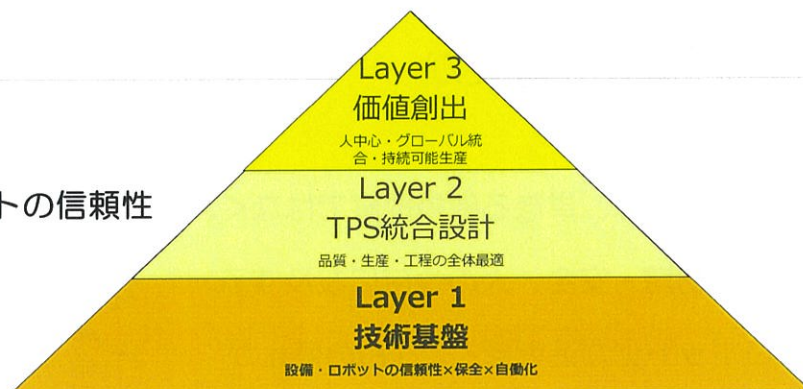
× 保全 × 自動化

■Layer 2：

TPS統合設計 — 品質・生産・工程の全体最適

■Layer 3：

価値創出 — 人中心・グローバル統合・持続可能生産



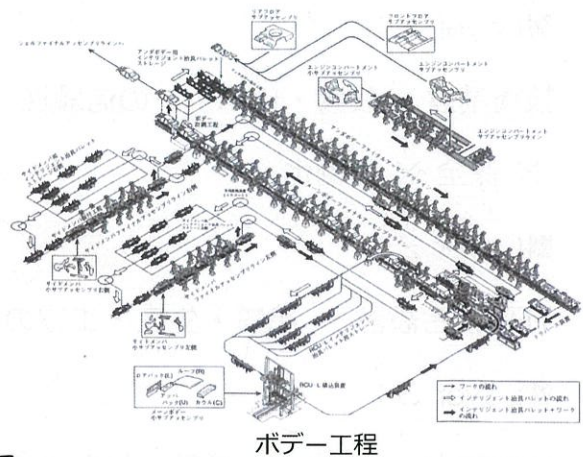
Layer1, Layer2, Layer3

【ゆっくり】

最初に、今回の話が全体の中でどこに位置づけるのかを確認しておきます。ここでは3つのレイヤーで整理しています。図の一番下にあるのが、Layer 1、技術基盤です。ここには、設備・ロボットの信頼性、保全、そして自動化が入ります。その上に、Layer 2としてTPS統合設計があります。品質、生産、工程、設備、人の動きを、バラバラではなく全体として設計していく領域です。そして最上位に、Layer 3として、人中心、グローバル統合、持続可能生産があります。ここで大事なのは、Layer 1は単なる下支えではないということです。Layer 1が弱いと、上位の構想は現場で安定して動きません。設備がよく止まる、チョコ停が多い、復旧に時間がかかる。こうした状態では、改善も標準化もなかなか前に進みません。逆に、Layer 1が強くなると、現場が安定し、人が改善に向き合える時間が生まれます。ここが今日の出発点です。

なぜ信頼性が重要か

- 設備停止は、単なる機械故障ではなく、品質・納期・安全・人の負荷に波及する。
- ロボット化が進むほど、1台の停止がライン全体に与える影響は大きくなる。
- 信頼性は「保全で守るもの」ではなく、「設計・運用・改善で作り込むもの」である。



『具体例』

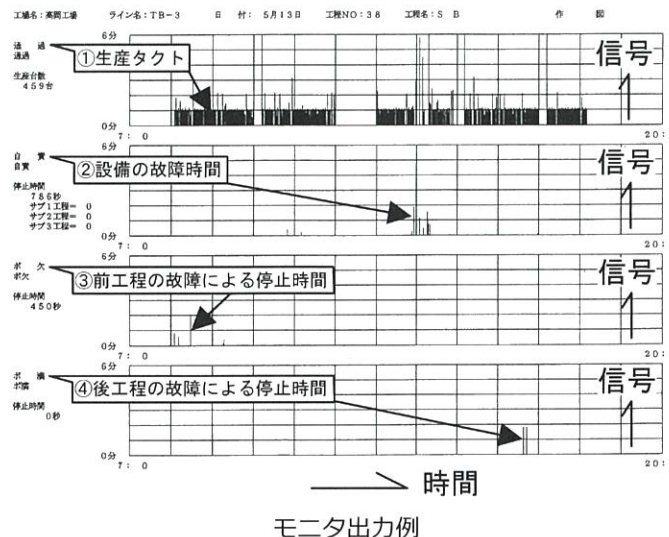
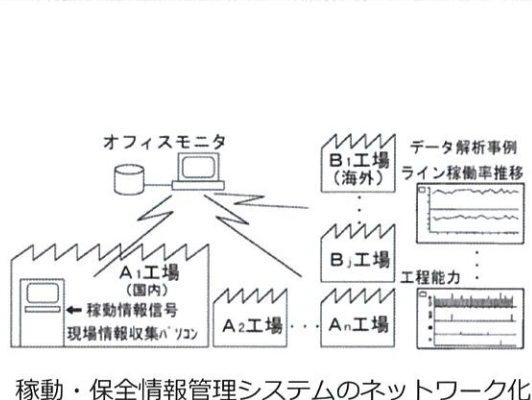
では、なぜ今これほど信頼性が重要なのか。ここを少し考えてみたいと思います。昔は設備が1台止まったと言っても、比較的局所的な影響で済むこともありました。ところが今は違います。ロボット化が進んだことで、1台の停止がライン全体へ広がります。

特に図に示すボデー工程では搬送そのものをロボットが担っています。ロボットが止まるとバックアップも簡単にはできません。トヨタのラインは一個流しが基本です。ですから1設備の停止が、そのままライン停止に直結します。私が一番怖いのは、設備停止そのものではありません。停止した後なんです。

ラインが止まると皆さん焦ります。早く復旧しようとしします。その時に安全確認を飛ばしたり、手順を省略したりする。実はそこに災害リスクがあります。

品質も同じです。設備停止は大きな変化点です。人が余計に製品に触る。初品確認を忘れる。普段なら起きないことが起きます。だから信頼性は保全だけの話ではありません。設計も。立上げも。生産も。改善も。全部が関係しています。

私は信頼性を、「壊れたら直す話」ではなく、「生産システムの能力を作り込む話」だと考えています。



『具体例』

まず最初に取り組んだのが「見える化」です。私は保全でも改善でも、一番大切なのはまず現状を正しく知ることだと思っています。見えないものは改善できません。この左図は当時構築した稼働・保全情報管理システムです。国内だけではなく海外工場も含めて展開しました。ここでのポイントは、右図に示しますが、自工程だけを見ないことです。設備担当はつい自分の設備だけを見てしまいます。しかし実際にはラインは一つの生き物です。前工程が止まっているのか。後工程が詰まっているのか。それとも自工程の問題なのか。これを分けて見られるようにしました。例えば前工程が頻繁に停止している。そうすると自工程は遊んでしまいます。逆に後工程が詰まると作っても流れません。つまり設備1台ではなく、ライン全体のバランスを見る必要があるんですね。工場では、

- 「設備能力」
- 「バッファ数」
- 「ライン構成」

この3つのバランスが非常に重要です。

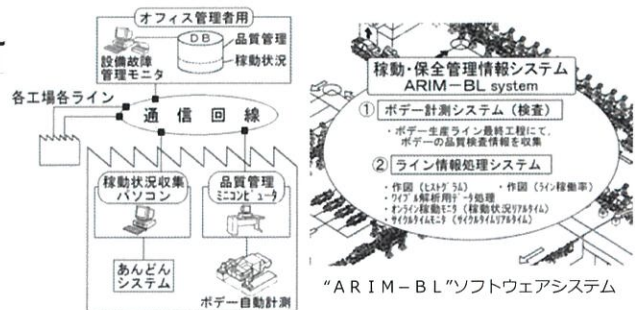
だから私は信頼性とは設備単体の話ではなく、生産システム全体の能力の話だと思っています。

設備・ロボット信頼性の実務

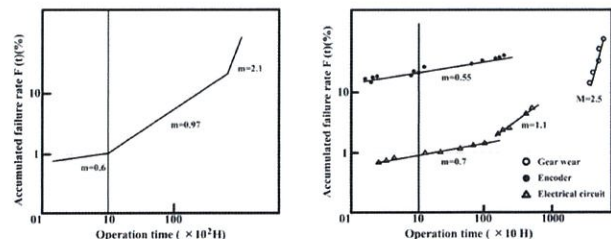
■弱点部位を特定する：停止履歴、チョコ停、品質不良との関係を見る。

■故障モードを分解する：機械、電気、制御、治具、センサー、人作業の接点で見る。

■復旧しやすくする：標準化、見える化、部品交換性、異常時の判断基準を整える。



“ARIM-BL”ハードウェアシステム



故障率（ライン毎/設備毎）

『具体例』

では実際の現場では何を見るのか。右上の2つを用いて、私はまず最弱部位を探します。設備全体を見るのではありません。必ずどこかに弱いところがあります。そこを見つけるんです。

停止履歴。チョコ停。品質不良。手直し。呼び出し。

そういった情報を全部まとめて見ます。次に故障モードを分解します。

機械なのか。電気なのか。制御なのか。治具なのか。センサなのか。人との接点なのか。

ここを分けずに議論すると対策がばやけるんです。このシステムで蓄積したデータを調べると、生産開始後に最弱部位がどんどん見えてきます。そこを潰す。また見る。また潰す。この積み重ねなんですね。

下の図にあるワイブル解析もまさにそのためです。摩耗故障が見えたら部品交換では根本解決になりません。設計そのものを変える必要があります。結局、設備は使ってみなければ分からないんです。だから見える化と改善のサイクルが重要なんですね。下図に示した通り、摩耗故障は抜本的な対策を、故障モードに即して対処することが肝要です。

Case	m値の変化有/無し	m値、MTBFの変化	ワイブルメッセージ	ワイブル保全メッセージ
1	m値が変化する場合	m>1になった場合、かつ、MTBFが長くなった場合	Warning!! (警告)	今までの対策方法に再検討の余地有り。設備メーカーを呼んで、設計レベルまでの対策を行う必要有り。
2	m値が変化する場合	m>1になった場合、かつ、MTBFが短くなった場合	Dangerous!! (危険)	設備としての寿命が足りない。今までの対策方法に再検討の余地有り。設備メーカーを呼んで、設計レベルまでの対策を行う必要有り。
3	m値が変化する場合	m=1になった場合、かつ、MTBFが長くなった場合	Best Condition!! (良好)	今までの対策方法はOK!! 設備信頼性が向上。
4	m値が変化する場合	m=1になった場合、かつ、MTBFが短くなった場合	Check!! (注意)	今までの対策方法はOK!! 新たな不具合が発生 (新たな不具合のみを抜き出して再解析要)。
5	m値が変化する場合	m<1になった場合、かつ、MTBFが長くなった場合	Good!! (良好)	設備信頼性が向上。もう暫くの間、今のままで様子を見る。
6	m値が変化する場合	m<1になった場合、かつ、MTBFが短くなった場合	Do your best!! (もっと努力)	スクリーニングの努力が足りない (ライン納入前にもっとやっておくべき)。
7	m値が固定の場合	m>1の場合、かつ、MTBFが長くなった場合	Check!! (注意)	設備メーカーを呼んで、さらに設計レベルまでの対策を行う必要有り。
8	m値が固定の場合	m>1の場合、かつ、MTBFが短くなった場合	Dangerous!! (危険)	手を打っていない。設備メーカーを呼んで、設計レベルまでの対策を行う必要有り。
9	m値が固定の場合	m=1の場合、かつ、MTBFが長くなった場合	Best Condition!! (良好)	設備信頼性が向上。
10	m値が固定の場合	m=1の場合、かつ、MTBFが短くなった場合	Check!! (注意)	新たな不具合が発生 (新たな不具合のみを抜き出して再解析要)。
11	m値が固定の場合	m<1の場合、かつ、MTBFが長くなった場合	Good!! (良好)	設備信頼性が向上。もう暫くの間、今のままで様子を見る。
12	m値が固定の場合	m<1の場合、かつ、MTBFが短くなった場合	Check!! (注意)	新たな不具合が発生 (新たな不具合のみを抜き出して再解析要)。

ワイブル解析結果のアウトプット例

ワイブル解析 (寿命データ解析) BPA INC.

入力: 解析期間
 期間1: 96/01/01 ~ 96/12/31
 期間2: 97/01/01 ~ 97/05/31

入力: 抽出条件
☒ ライン ☒ 工程 ☒ 設備区分 ☒ メーカー ☒ 設備 ☒ 設備部位 ☒ 設備部品
 15 140 25 12 6 0 1
☒ U/Bフイダル ☒ U/B FBL ☒ ロボットのフコ ☒ 川崎重工 ☒ F/F・UT16フコ ☒ 本邦各工場 ☒ 送車ピン

出力: 計算結果
 解析期間1
 MTBF = 16.65 (hours) 無故障時間 137 件
 m値 = 0.53 m<1です。初期故障型です
 解析期間2
 MTBF = 10.02 (hours) 無故障時間 23 件
 m値 = 0.81 m<1です。初期故障型です

集計・解析開始

出力: ワイブルメッセージ
 Good!! (良好)
 設備信頼性が向上。もう暫くの間、今のままで様子を見る

終了

ワイブル解析表示例

『具体例』

ここではワイブル解析を使っています。ポイントはm値です。

m値を見ると、

初期故障なのか。

偶発故障なのか。

摩耗故障なのか。

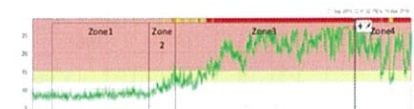
おおよその傾向が見えてきます。例えば初期故障ならスクリーニングです。徹底的に不良品を出し切る。昔、産業ロボットを導入し始めた頃は、MTBFも5000時間程度しかありませんでした。

しかし基板スクリーニングやバーンイン試験を徹底した結果、現在では30000時間クラスまで伸びています。

これは特別な魔法があったわけではありません。弱点を見つけて一つずつ潰した結果なんです。

Maintenance Systemの進化

- 事後保全：壊れてから直す。
- 予防保全：決められた周期で止めて点検・交換する。
- 状態基準保全：状態を見て、必要な時に保全する。
- 予知保全：データから兆候を読み、故障前に手を打つ。



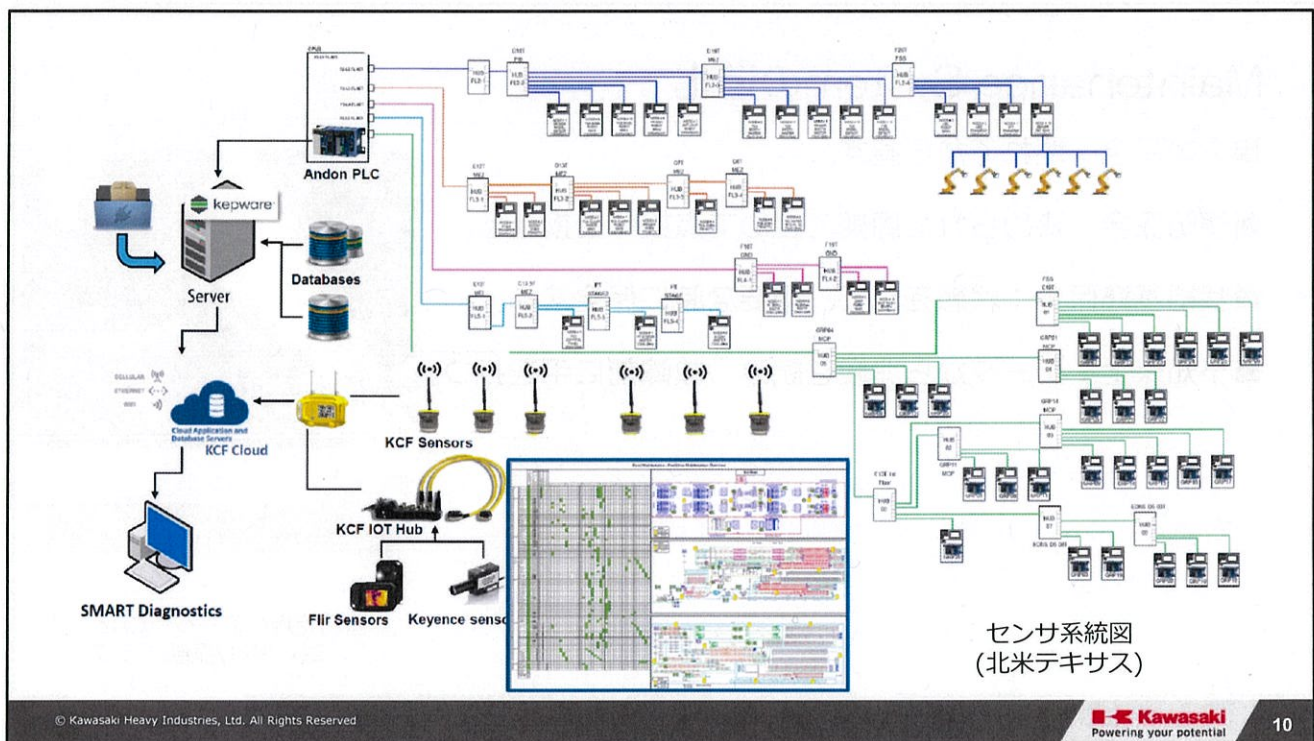
塗装乾燥用モータへのセンサ
取り付け/振動グラフ

“PdM”

次は予知保全です。最近AIが流行っています。すると『AIを入れたら予知保全できますか』とよく聞かれます。でも現実はそんなに簡単ではありません。まず故障モードを知らないといけません。

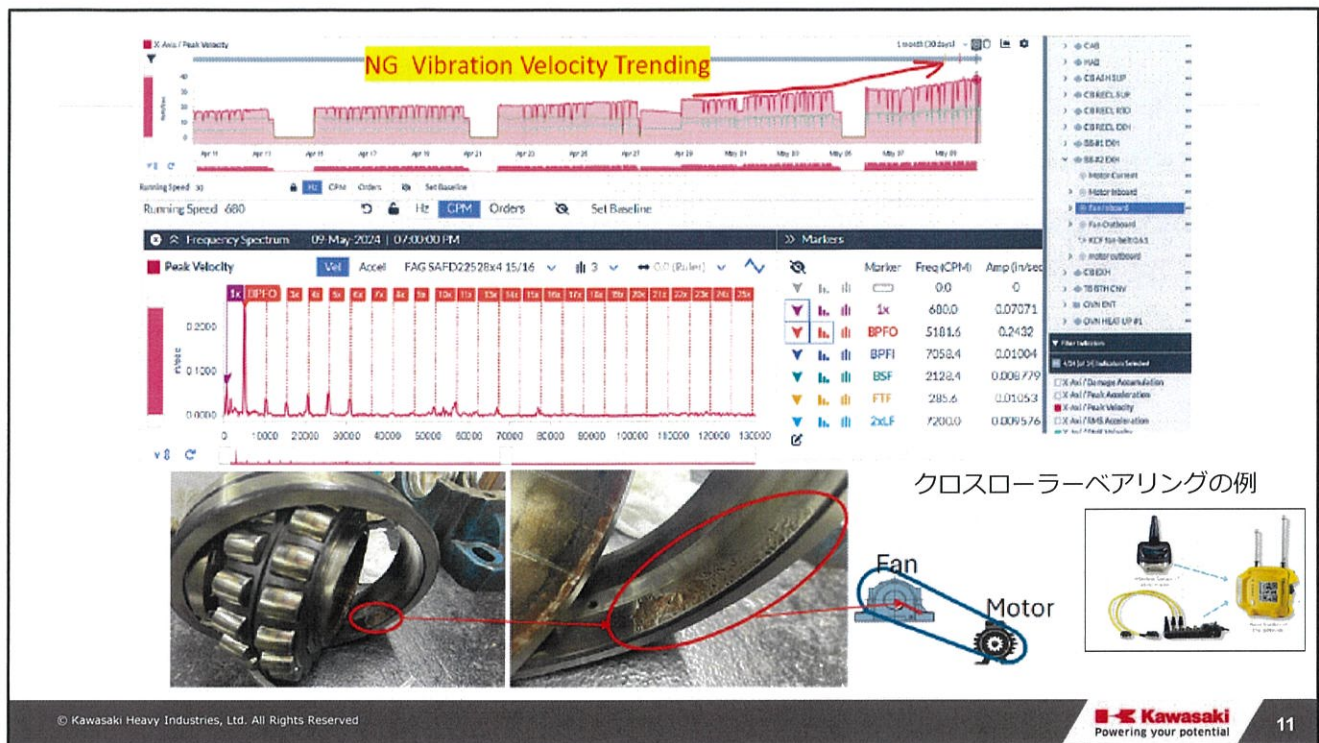
さらに良いデータが必要です。そして現場で使える仕組みにしないと意味がありません。私たちも様々なセンサをつけて実証実験をしました。その中で最もうまくいったのが上図の塗装乾燥炉のモータでした。左図の振動データに非常にきれいな兆候が出たんです。一方でベアリングはそう簡単じゃありません。

普通の振動センサでは分からない。高調波センサが必要でした。つまり設備ごとに見方が違うんです。だから予知保全はAIのテーマではなく、まず設備を理解することが出発点なんです。



"PdM"

これは北米赴任中にやった実証実験です。当初は300個程度のセンサでした。それが徐々に増えて、最終的には900個近くまで増えました。当時は『とにかく取れるデータは全部取ろう』という考えでした。しかし面白いことが起きました。今度はデータが多過ぎるんです。無線帯域が足りない。管理する人も足りない。結局、見ることのできるデータだけ残すという考え方に変わりました。データも過剰はムダなんですね。



"PdM"

これはクロスローラーベアリングです。外周にフレットが発生していました。目視ではまだ大丈夫そうに見えます。しかし振動データは正直です。さらにFFT解析すると特徴周波数が見えてきます。

つまり、見えない異常が見えてくるんです。

センサを付ければ終わりではありません。データをどう解釈するか。ここに技術者の価値があります



"PdM"

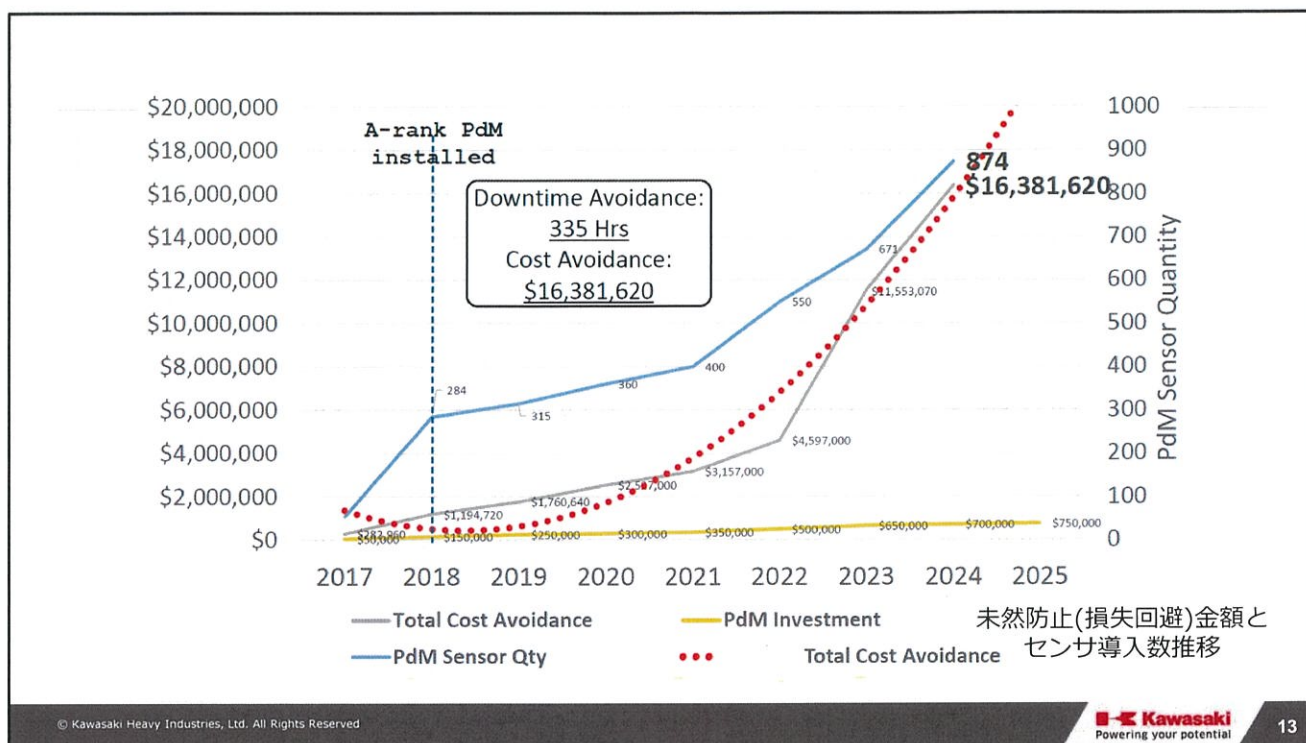
逆にうまくいかなかった事例もあります。
オーバーヘッドコンベアのチェーン切れです。いろいろ試しました。

振動。

音。

電流。

しかし決定打が見つかりませんでした。そこで最後は現地現物です。ラジコンカーにカメラを付けて走らせました。そして摩耗状態を目視で管理したんです。結局、全部がAIになるわけではありません。最適解は現場にあります。私は今でも現地現物が最強だと思っています。



"PdM"

こうした活動を続けた結果、故障による損失は右肩上がりで改善しました。ただ改善すると新たな課題も出ます。右側の縦軸、青点線で示したいですが、センサ900個問題です。今度は全部を見られない。

結局、何を監視するか。何を捨てるか。ここまで考えなければならなくなりました。

保全もデータ活用も同じです。大切なのは情報量ではありません。意思決定に使える情報なんです。

V-MICS・TPM・PdMの役割

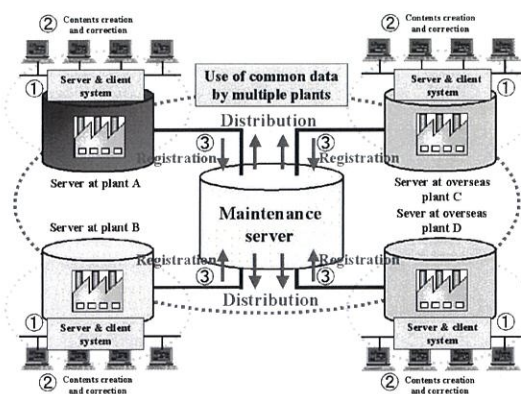
- V-MICS：設備情報・保全情報・異常情報を
つなぎ、現場判断を支援する基盤。
- TPM：全員参加で設備効率を高める現場改善。
- PdM：センサー・データ・AIを活用し、
兆候検知と保全タイミング最適化を行う仕組み。



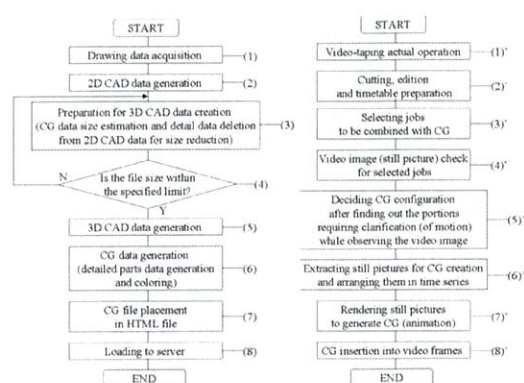
“V-MICS”

私はこの3つをよく家づくりに例えます。TPMは文化です。V-MICSは情報基盤です。PdMは未来予測です。この3つが揃って初めて強い保全になります。最近ではPdMばかり注目されます。でも情報基盤が無い。改善文化が無い。これでは長続きしません。現場力とデータ活用。両方必要なんです。

余談になりますが、下の図の写真をご覧ください。私の御大、朝倉正司シニアフェローです。必ず現場で報告を現地現物で見聞きします。最近、会議室で報告するケースが多くありますが、御大は必ず現場へ行きます。会議室での報告は許しません。ここで大切なのは、内容が良かったら、現物を指して良くやったと褒めてやることです。但し、更なる高みを目指して注文も付けます。そうすると、メンバはもっと頑張るのです！



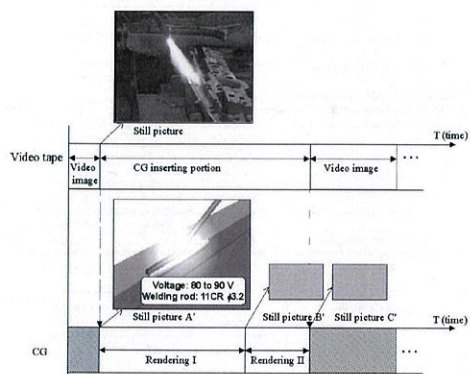
Hardware system for V-MICS-DB



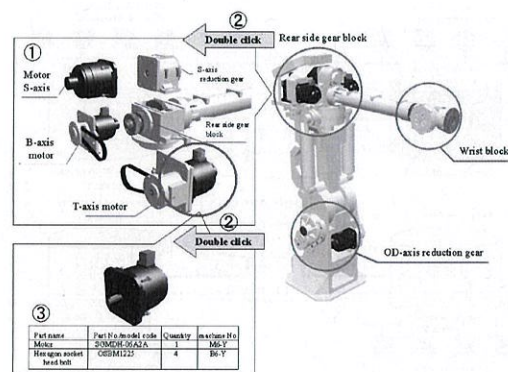
Methodology (I); left and (II); right for V-MICS-CG

“V-MICS”

ここで、先ほどから何度か出ているV-MICSについてもう少しご紹介したいと思います。V-MICSは単なる保全システムではありません。私が目指したのは、「工場の知恵を残す仕組み」です。左側の図をご覧ください。V-MICSでは各工場の稼働情報や保全情報を、中央のメンテナンスサーバで管理しています。国内だけではなく海外工場も含めて、同じ情報を共有できる仕組みにしました。なぜここまでやったのか。実は設備トラブルが発生すると、「あの人が分からない」という状況が結構あるんですね。皆さんの工場でも似た経験はないでしょうか。ベテランがいないと直せない。詳しい人が出張中で復旧できない。私はこれが大きなリスクだと思っていました。だから設備情報も保全情報も一つにまとめて、誰でも見られるようにしたんです。そして右側です。これはV-MICSで使うCGの考え方です。当時のパソコンは今ほど性能が高くありませんでした。そのため、どの工場のパソコンでも軽快に動くようにデータ容量をかなり工夫しました。いくら立派なシステムでも、重くて使われなければ意味がありません。現場でストレスなく動くこと。実はこれもシステムづくりでは非常に重要なんです。V-MICSは単なるITシステムではありません。設備の情報。保全の情報。そして人の知恵。これらをつないで、工場全体の知識として残していく仕組みなんです。私はよく、「設備は壊れる。でも技術伝承が壊れてはいけない」と言っています。V-MICSを作った理由はまさにそこにあります。



Schematic diagram for V-MICS-CG



Disassembled structure for robot

“V-MICS”

V-MICSの狙いは技術伝承です。工場を回ると、同じ設備なのに保全方法が違うことがあります。

なぜか。長年の経験で磨かれたカンコツだからです。しかし本当に最適なのか。これは検証しなければ分かりません。そこでCGや動画を使ってノウハウを見える化しました。

左図はプレス金型のロー盛りのCG、右側のロボット分解CGもその一つです。



Press Die Operation

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

 **Kawasaki**
Powering your potential

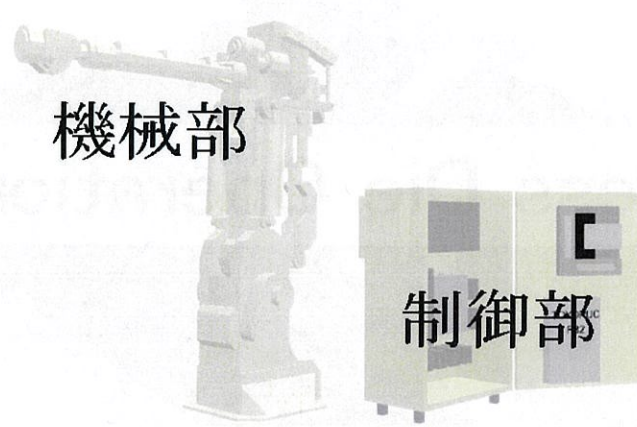
17

“V-MICS”

実はロー盛り作業を工場ごとにヒヤリングしてみると、被対象物に対して直角/斜め45度と入射角が全く異なる数値でバラバラということを見知りました。それは30年から40年と長きにわたり行ってきた作業によって導かれたカンコツによって伝授されてきたものであり、今まで工場間の対話が少なかったのかもしれません。型保全に関して言うと暗黙知がまだまだ多く存在しています。しかしながら、今後、工場ごとがバラバラな手順の中で、どれが一番最適なのか検証し、ベストプラクティスとして蓄積されていくことが大切と改めて感じた次第です。

右側のロボット分解CGもその一つです。設備が止まった時、どの部品を、どの順番で、どう交換するのか。事前に見られるようにしました。結果としてMTTRは大幅に短くなりました。

つまりV-MICSとは単なるシステムではありません。技術を人から人へ伝える仕組みなんです。



機械部

制御部

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

 **Kawasaki**
Powering your potential

18

“V-MICS”

この動画は実際のV-MICSのイメージです。先ほどご説明した情報基盤が実際にはどのように動いているのかをご覧ください。特に見ていただきたいのは、

設備情報

保全情報

分解構造

作業手順

これらが一つにつながっている点です。

Automation & Roboticsの本質

- 自動化：人の作業を機械に置き換える。成功事例の要因分析
- 自働化：異常を検知し、止める・知らせる・次の判断につなげる。
- ロボット活用：単体性能だけでなく、ライン・品質・保全との接続が重要。

『自動化・自働化違い』

次は、自動化・自働化違いについて説明します。

ここは今日一番お伝えしたいところです。

Automation & Roboticsについてお話しします。

私は、「自動化」と「自働化」は別物だと思っています。

自動化は人の作業を機械に置き換えることです。

一方で自働化は、異常を発見する。異常を止める。異常を知らせる。人の判断につなげる。という仕組みです。

トヨタでは昔から「異常が出たら止める」ことを徹底しています。不良が出ると分かっているながら作り続けることはありません。止める勇気が品質を守ります。ロボットも同じです。速いロボットが良いロボットではありません。現場に異常を教えてくれるロボットこそ価値があります。今日は実際に私が携わった事例を5つ紹介したいと思います。

ホイールアーチヘミング

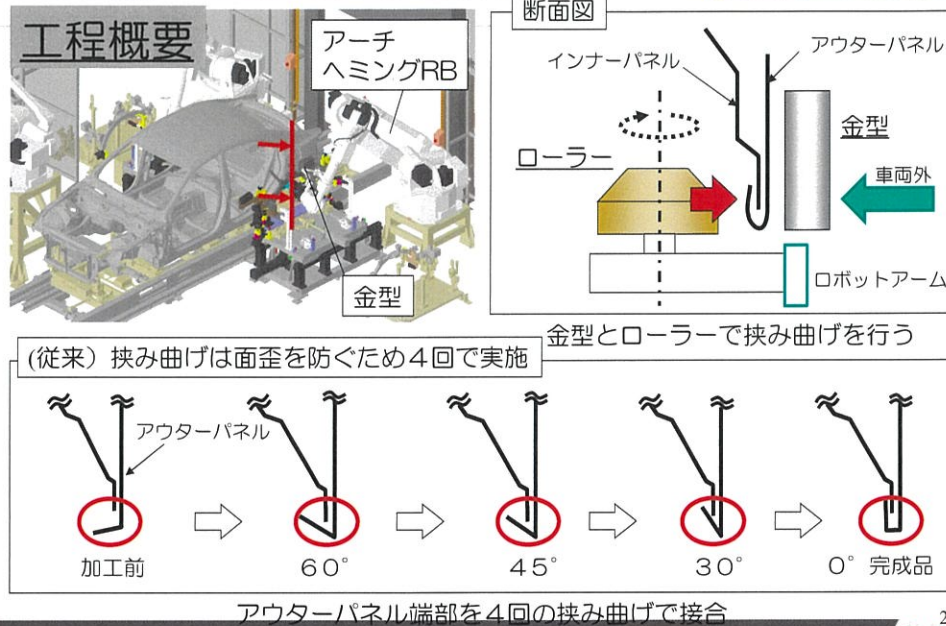
『自動化・自働化違い』

まず1つ目がホイールアーチヘミングです。これは見栄え向上のために導入した技術です。

現在のレクサスやクラウンでも使われています。皆さんもクルマを見ると、タイヤが外側いっぱいまで張り出している方が格好良く見えますよね。その要求に応えるために開発した技術です。

3-6. 新生産技術: ホイールアーチヘミング

タイヤワイド化（見栄え向上）



© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

21

isaki
tential

21

『自動化・自動化の違い』

従来はアウターパネルとインナーパネルを接合するためのフランジが必要でした。そのためタイヤが少し奥まって見える構造だったんですね。そこでロボットとローラーを使ってフランジを内側へ折り込みました。結果としてタイヤがよりワイドに見えるようになりました。ただし、見栄えを良くするだけでは量産技術にはなりません。大事なものは品質です。そこでローラーの押し付け圧力を常時監視しています。

もしパネルが正しく当たっていなければ即停止です。ここでも異常を見つけたら、

『止める』『呼ぶ』『待つ』
の考え方を入れています。

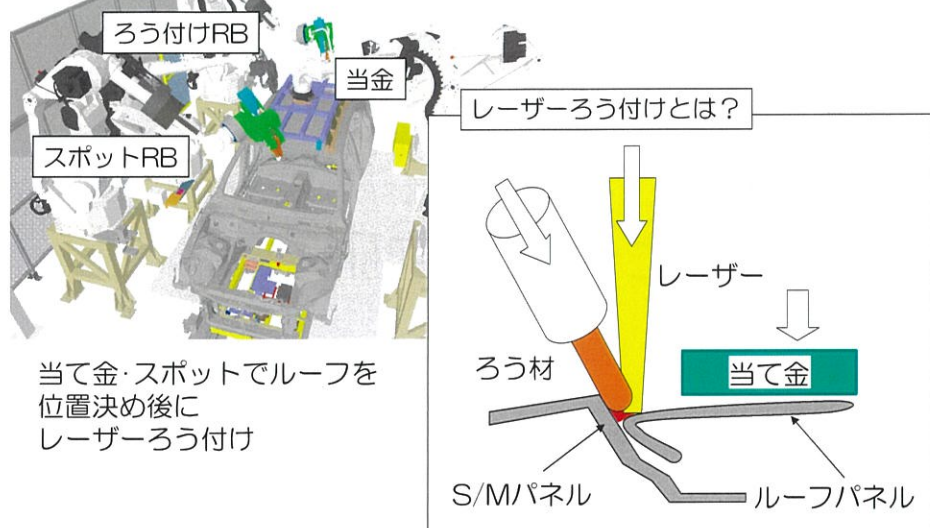
ルーフレーザろう付け

『自動化・自働化違い』
続いて2つ目です。ルーフレーザろう付けです。これはレクサスの見栄えを大きく変えた技術です。
以前はモールで隠していた部分を、見せるデザインへ変えていきました。

3-7. 新生産技術：ルーフレーザーろう付け

モールカバー⇒ロウ盛り

ルーフレーザーろう付け工程概要



© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

isaki
tential

23

『自動化・自動化の違い』

従来はスポット溶接の跡を隠すために樹脂モールを貼っていました。しかしロボット技術が向上し、ろう付け品質が安定してきました。そこでモールを廃止したんです。部品点数も減る。原価も下がる。

見栄えも良くなる。非常に良い改善でした。ただしここでも品質保証が必要です。

ピンホールはないか。

隙間はないか。

全部監視しています。異常があれば止めます。自動化の基本はここでも同じです。

ビード自動研磨

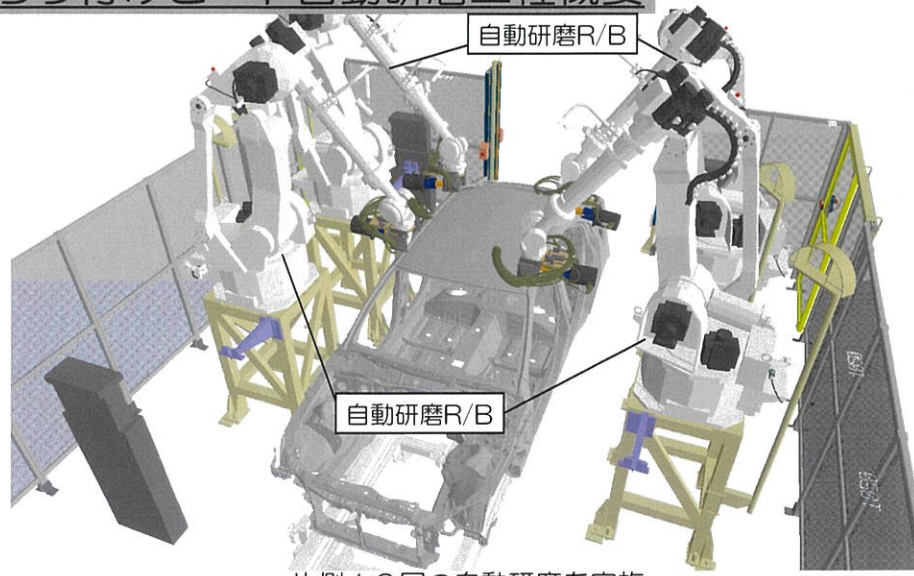
『自動化・自働化違い』

続いて3つ目です。今度は先ほどのろう付け部をさらに磨く工程です。レクサスは高級車ですので、見栄え要求も非常に厳しくなります。そこでロボットによる自動研磨に挑戦しました。

3-9. 新生産技術:ビード自動研磨

荒仕上げ⇒中仕上げ

ろう付けビード自動研磨工程概要



片側10回の自動研磨を実施

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

25

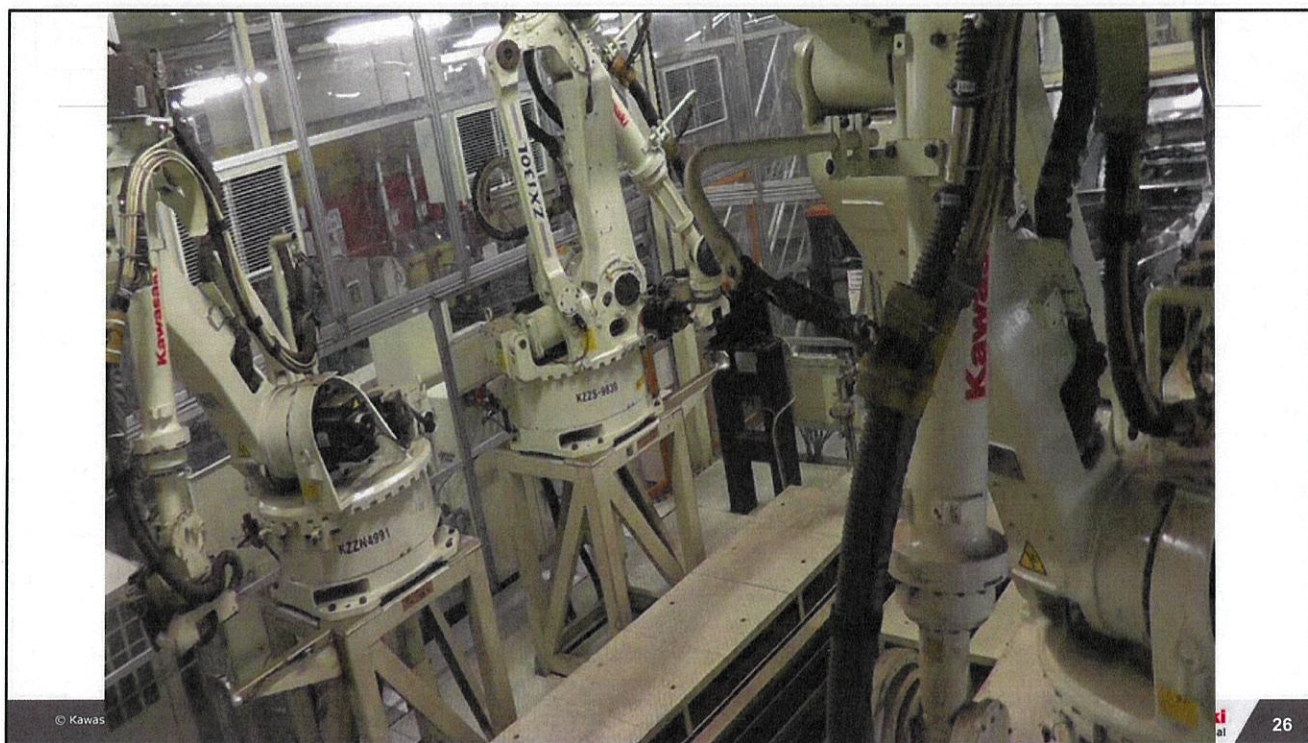
isaki
tential

25

『自動化・自働化の違い』

最初は正直難しかったです。研磨という作業は熟練技能の世界だからです。しかしロボット制御技術の進化によって、押し付け圧力を安定させられるようになりました。

結果として、荒仕上げから中仕上げまで自動化できました。むしろ品質の安定性は人以上になっています。人はどうしても疲れます。しかしロボットは疲れません。これもロボットの強みです。もちろん品質監視は続けています。ピンホールや隙間が発生すれば即停止です。



『自動化・自働化違い』

こちらが実際の工程です。

写真で見ると規模感が伝わるかと思います。

実際にはロボットだけで成立しているわけではありません。

治具

搬送

品質確認

保全

すべてが連携して初めて成立しています。

3-8. 新生産技術:LSW

LSW

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

27

Kawasaki
Potential

27

『自動化・自働化違い』

続いて4つ目です。

LSW。

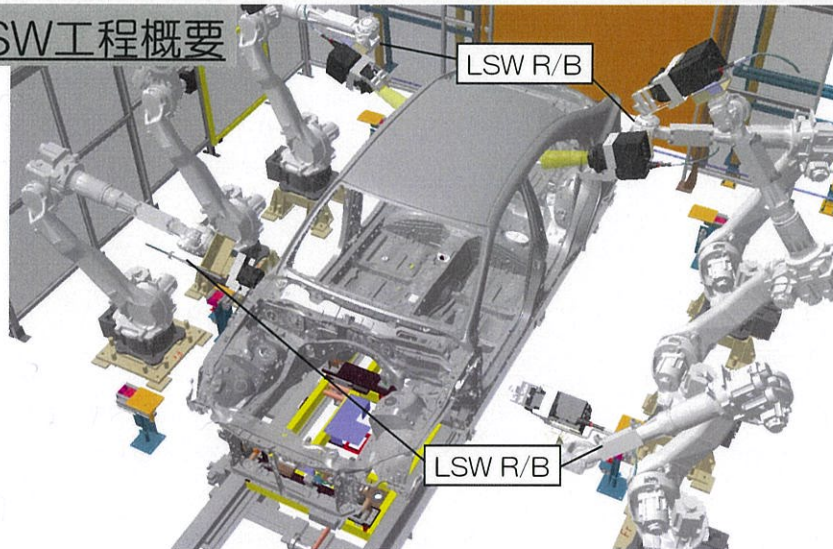
Laser Screw Weldingです。

これはボデー剛性向上に大きく貢献した技術です。

3-8. 新生産技術:LSW

多打点化（剛性向上・乗り心地向上）

LSW工程概要



リモートレーザーによる高速点溶接技術
(ロボット4台で160点/台 LSW実施)

© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

28

isaki
tential

28

『自動化・自働化違い』

従来のスポット溶接では届かない場所があります。そこで片側から接合可能なLSWを導入しました。

結果として接合点数を大幅に増やせました。つまりボデー剛性向上です。そして剛性向上は乗り心地向上につながります。ユーザー価値までつながっているんですね。品質保証については、後工程でタガネ検査を実施しています。さらに最近では、この検査工程そのものも自働化が進んでいます。品質確認もどんどん進化しているんです。



『自動化・自働化違い』
こちらが実際のLSW工程です。
写真で見ると非常にシンプルに見えますが、
実際は位置精度や熱影響の管理など、
かなり高度な技術が詰め込まれています。
だからこそ安定して量産できるんですね。

接着工程

『自動化・自働化違い』

最後、5つ目です。

接着工程です。

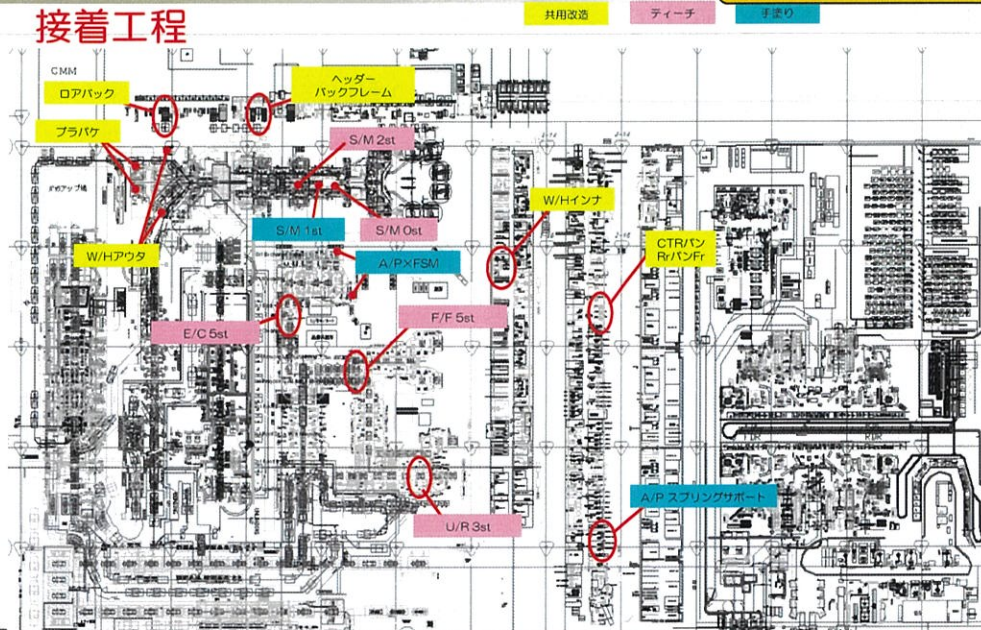
近年の自動車づくりでは接着技術が非常に重要になっています。

特に高剛性化には欠かせません。

3-10. 新生産技術: 接着工程

高剛性（乗り心地向上）

接着工程



© Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

isaki
tentia

31

『自動化・自働化違い』

レクサスボデーラインでは全部で14か所の接着工程があります。

自働化した工程。

ロボット塗布工程。

手塗り工程。

それぞれ最適な方法を選択しています。

ここで重要なのは、自働化すること自体が目的ではないということです。良品を確実に流すこと。

それが目的です。

だから異常が出たら

『止める』

『呼ぶ』

『待つ』。

この原則は変わりません。

TPSの自働化は、

まさにこの思想なんです。

信頼性×保全×自動化の統合モデル

- **信頼性**：止まらない・壊れにくい設備を作る。
- **保全**：止まる前に兆候をつかみ、止まった時も早く戻す。
- **自動化**：異常が見える化し、人が正しく判断できる状態を作る。
- この3つがつながることで、安定した生産能力と改善サイクルが生まれる。

【ゆっくり】

ここまで、**信頼性**、**保全**、**自動化**をそれぞれ見てきました。ここで一度、3つをつなげて考えてみます。

■ **信頼性**は、止まらない、壊れにくい設備を作ることです。

■ **保全**は、止まる前に兆候をつかみ、止まった時にも早く戻すことです。

■ **自動化の本質は、人を置き換えることではなく、異常が見える化し、人の判別を強くする事**です。

この3つは、別々に進めるものではありません。信頼性が高い設備では、状態データも安定して取れます。保全データが蓄積されれば、弱点部位や故障モードが見えてきます。自動化によって異常が見えるようになれば、判断が早くなり、改善も早くなります。ここで皆さんに一つ問いかけたいと思います。自社の設備停止は、本当に故障そのものの問題でしょうか。もしかすると、情報がつながっていない、判断基準が曖昧、復旧手順が標準化されていない、データが改善に使われていない、という問題かもしれません。この問いを持つことが、**Layer 1**を強くする第一歩になります。

ここまで個別に見てきた信頼性、保全、自動化ですが、実は全部つながっているのです。

ここで忘れられない経験を一つご紹介します。海外工場を視察した時の話です。親分から「工場の周りを見てこい」と言われました。見に行くと未完成車が大量に並んでいました。事情を聞くと、自動化工程を素通しにして車を

流し続けていたんです。そして週末に大量の手直しをしていた。可動率だけを追いかけていたんですね。それを見た親分がトップマネジメントを呼びました。そして本気で怒りました。「お前らTPSを分かっとるのか」「異常が出たら止めろ」「悪いモノをいくら作ってもムダだ」私は今でもこの言葉を忘れられません。それ以来、ラインの停止だけでなく、未完成車の滞留も監視対象になりました。異常を止める。見えるようにする。これがTPSの原点なんだと思います。

Layer 2・Layer 3への接続

■Layer 1が弱いと、

TPS統合設計は安定しない。

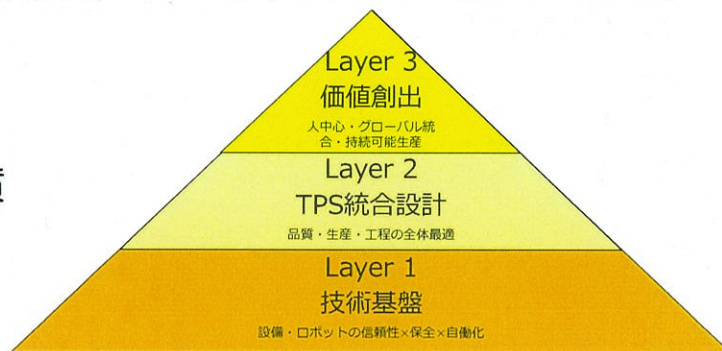
■設備停止・チョコ停・品質

ばらつきが多い状態では、

全体最適は成立しにくい。

■Layer 1を強くすることで、

人中心・グローバル展開・持続可能生産へ進む基盤ができる。



Layer1, Layer2, Layer3

【ゆっくり】

今日ずっとお話ししてきたLayer1。信頼性、保全、自動化これが弱いと上位の仕組みは成立しません。TPSも機能しない。標準化も進まない。グローバル展開も難しい。

Layer 1が強くなると、設備の状態が見え、異常の基準が明確になり、保全と改善がつながります。すると、人は単に設備の番をする存在ではなく、異常を読み取り、改善し、次の設計に反映する存在へ変わっていきます。これがトヨタで言うMy Machine（自主保全）の考え方なのです。自分の設備は自分で守る、保全に頼りっぱなしにするのではなく。音、振動、温度など実際生産に携わっているオペレータが一番設備の状態を知っているはずなので、彼らが自分の設備に対してどうしたらよいかを自ら考え、行動を起こすのです。

また余談になりますが、最近の電池工場の事例を見るたびにそう感じます。詳しく述べますと、トヨタの電池セル生産ラインはPEVE（Primearth EV Energy（プライムアースエナジー）：現在、トヨタバッテリー株式会社に社名変更）とPPES（プライムプラネット&ソリューションズ：トヨタ51%、パナソニックHD49%出資の車載電池メーカー）のそれぞれのラインを繋ぎ合わせたライン構成をしています。ところが生産を始めるとラインは止まってばかりで稼働率50%以下で今までのトヨタでは考えられない数値です。これはPEVEのライン、及びPPESのラインの実力値（つまりはMTBF）を把握しないまま、

適切なバッファ数を持たずに繋ぎ合わせたためなのです。ラインをつなげれば動くわけではありません。まず実力値を知る。見える化する。改善する。標準化する。その積み重ねが必要なんです。そして最終的には人が考え判断する。これが一番重要だと思います。

まとめ

- 信頼性は、生産システムの基礎体力である。
- 保全是、経験と勘だけでなく、データと仕組みで進化する。
- 自動化は、人を排除する技術ではなく、人の判断力を高める技術である。
- Layer 1を磨くことが、次世代のTPS・人中心生産につながる。

【ゆっくり】

『まとめ』

最後にまとめです。今日お伝えしたかったことは一つです。

信頼性。

保全。

自動化。

この3つは別々の活動ではありません。すべてつながっています。設備を止めない。止まっても早く戻す。異常が見える化する。そして改善につなげる。その積み重ねが強い生産システムを作ります。

設備は人のためにあります。データも人のためにあります。自動化も人を排除するためではありません。人の判断力を高めるための仕組みです。

ぜひ皆さまの現場でも、

「どこで止まっているのか」

「なぜ復旧に時間がかかるのか」

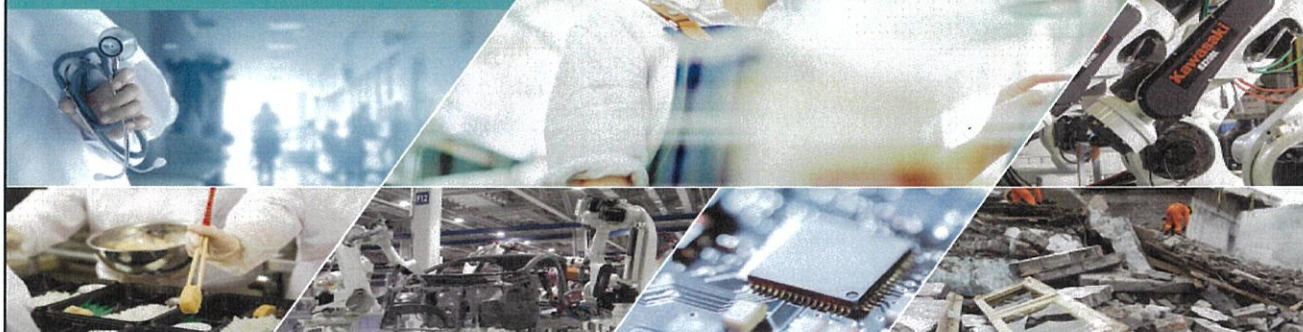
「異常は次の改善につながっているのか」

という問いを持っていただければと思います。

本日は長時間ご清聴いただき、誠にありがとうございました。

ロボットで描く未来がある。

カワサキロボットは、これまでお客様や現場から学んできたものを
社会に還元し、ロボットの新たな可能性を提案する
総合ロボットメーカーを目指します。



東京本社 〒105-8315 東京都港区南岸 1 丁目 14-5 TEL. 03-3435-2501
明石工場 〒673-8646 兵庫県明石市川崎町 1-1 TEL. 078-921-2946
西神戸工場 〒651-2239 神戸市西区鎌谷和松本 234 番地 TEL. 078-915-8247
<https://robotics.kawasaki.com/ja/>



川崎重工業株式会社

