

人・モノの実績可視化／分析と最適化－Ⅱ (次世代IEの追究)



吉岡 新 (マツダ)

下西 隼人 (トヨタ自動車)



島田 洋 (マツダ)

小林 剛 (ビジネスエンジニアリング)

青井 昭人 (パナソニック)

深澤 俊男 (ビジネスエンジニアリング)

石田 修一 (ヤマザキマザック)

前田 智彦 (富士通)

小笠原 亜紀 (いすゞ自動車)

吉川 和宏 (シーイーシー)

発表者：吉岡 新



背景と活動の狙い

<背景>

近年の生産工程は高度化/複雑化し、ストップウォッチレベルでの作業の定量化は困難
しかし、IoT技術の進化により測定（ロスの定量化）技術は、大幅に進化



<活動の狙い>

“人とモノの動きの定量化(自動収集)”と“IE手法を活用したロス分析”を融合し

- ① 属人化した作業から 編成効率最大化に向けた標準作業の設計
- ② 定量化された動きをパターン化し、ロスのルール定義化 & 可視化

*IE (Industrial Engineering : 経営工学)

活動対象

トラックから 荷下ろしした部品を ラインへ
運搬している フォークリフト作業の改善



困りごと……

- ・フォークリフト作業者に任せっきりとなっており 作業が属人化
- ・常に忙しく動き回っておりロスを定量的に把握するのが困難

属人化した作業の原因は？

フォークリフトの動きが分からない

指示の出していない運搬では作業者が作業順を考えて運搬をしている

ロスの見える化の対策は？

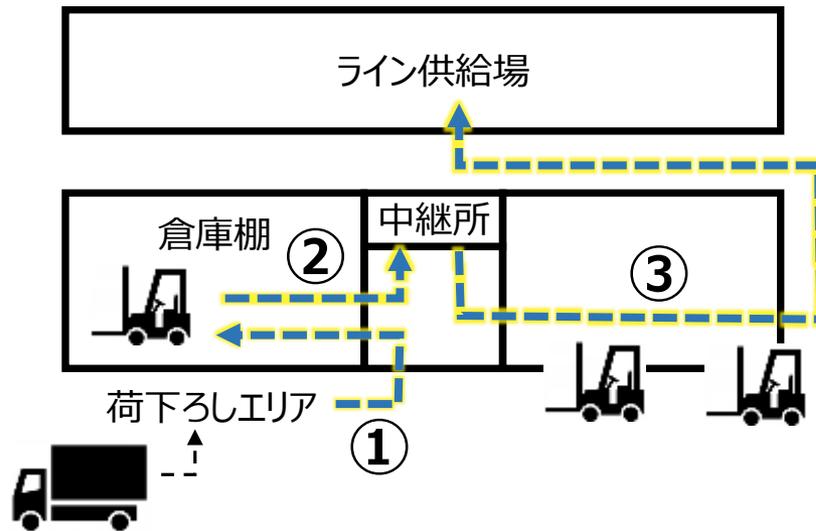
作業分析ができていない

作業が 価値なのか付随なのかロスなのかが分からない

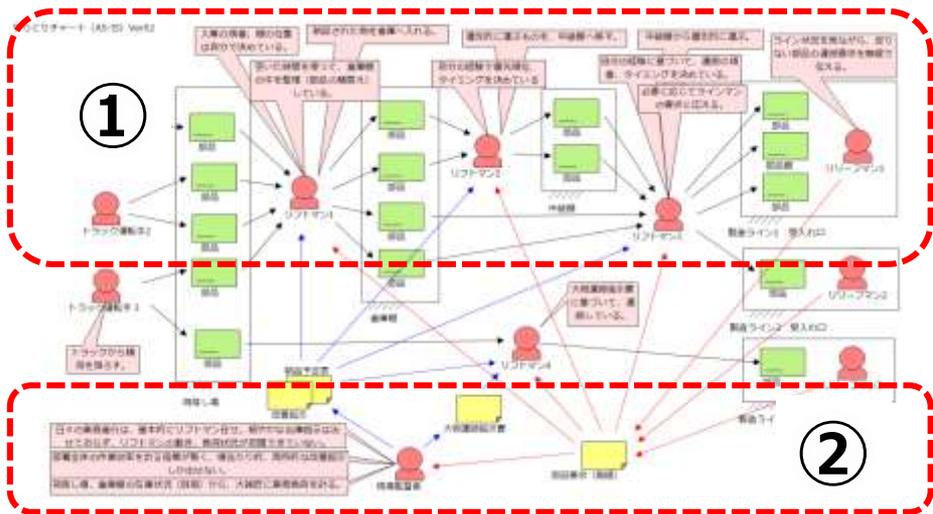


リフトマンの主な作業

- ① トラックからおろした部品を“倉庫棚”へ棚入れ
- ② “倉庫棚”の部品を“中継場”へ棚出し
- ③ “中継場”の部品を“ライン供給場”へ 運搬



- ・ 取り扱い部品は刻々変化し、作業実態の把握が困難
- ・ 実態の把握が不十分なため、標準作業が おおまかにしか決められない



<① 作業者の動きの問題点>

フォークリフトは、ほぼ終日動いている! しかし、空いた時間を使って...

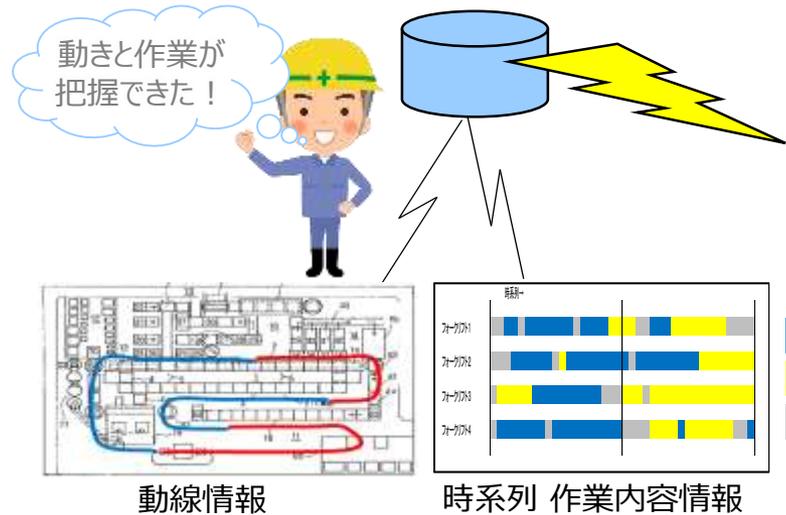
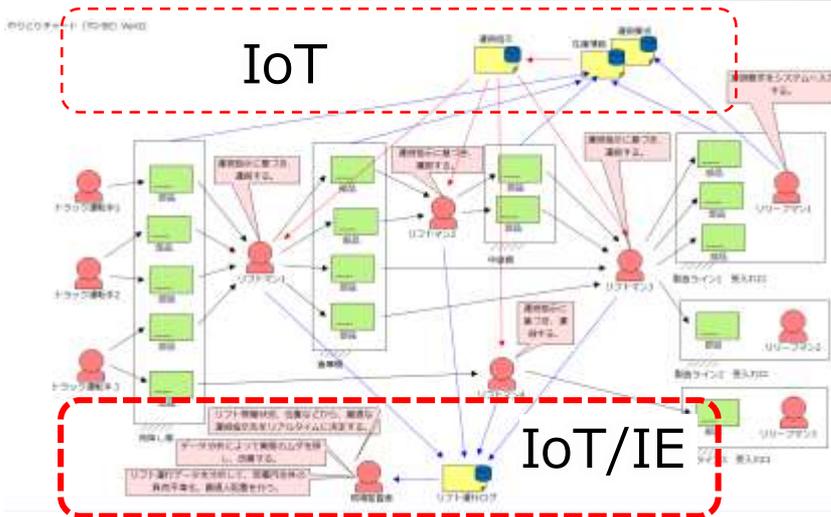
- ・倉庫の中の棚の整理 (部品に入れ替え)
- ・優先的に運ぶものを次工程の近いところへ仮移動
- ・後工程の部品の減り具合 確認のためのカウ走行 等々

<② 管理監督者の困り事>

フォークリフトは、ほぼ終日動いている。 ロスがあるかどうか分からない!

- ・ビーコンを設置しているが、それだけでは 価値作業 と ロス作業の区分ができない
- ・作業者の価値作業比率の最大化となる標準作業が設計できない





<IoT技術の活用：フォークリフト運行状況の“見える化”>

フォークリフトの動きを 価値作業、ロス作業、停止中に分類して把握

ロス作業の見える化 事例

- ・倉庫の中の棚の整理（部品の入れ替え）
- ・優先的に運ぶものを次工程の近いところへ仮移動
- ・後工程の部品の減り具合 確認のためのカラ走行 等々

<IE技術の活用：“ロス分析”に基づく“改善活動”の実施>

- ・動線分析 … レイアウト改善、作業指示方法改善 etc
- ・工程分析 … 作業方法改善、作業編成改善 etc



見える化→分析/改善



【目指す姿】

ロスを排除した標準作業に基づき、ライン稼働情報と生産指示情報からフォークリフト作業をコントロールできるようにしたい

【Step-1】：今回の取組

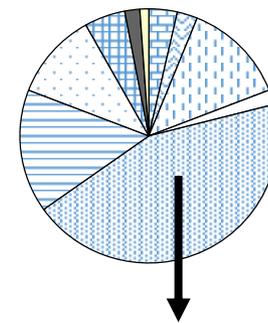
- ① ロス作業の見える化方法のロジック構築
- ② ロスの定量化に基づく改善案の検討
- ③ リフト作業の標準作業化

【Step-2】：横展開（活動の全職場展開）

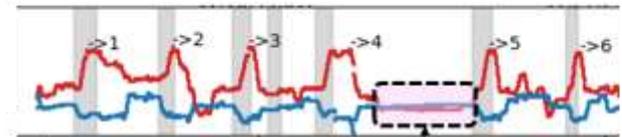
- ・ロス分析の標準化 / 自動化
- ・全体最適な視点での改善案検討、実施

【Step-3】：作業指示コントロールの仕組みづくり

- ・ライン稼働情報に基づくフォークリフトへの作業指示のシステム設計



- ***->***
- ***->ZONE1
- ***->ZONE3
- ZONE1->***
- ZONE1->ZONE1
- ZONE1->ZONE3
- ZONE2->ZONE2
- ZONE2->ZONE3

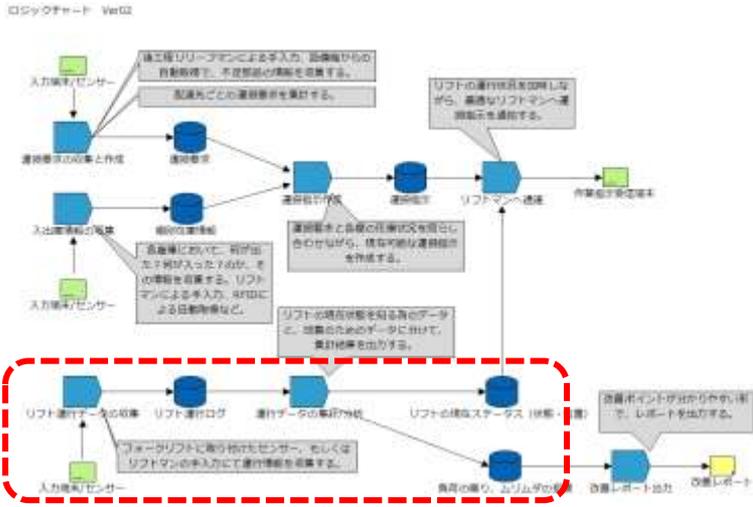


Cycle2	245秒	(51.31)→(87.9)	距離	43m
Cycle3	219秒	(38.21)→(86.8)	距離	49m
Cycle4	231秒	(42.27)→(84.9)	距離	46m
Cycle5	239秒	(22.22)→(84.8)	距離	63m
Cycle6	262秒	(28.21)→(81.8)	距離	54m

→ サイクルタイム異常

↳ 想定外の作業の発生

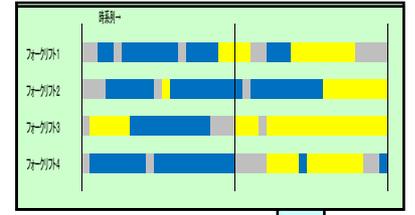
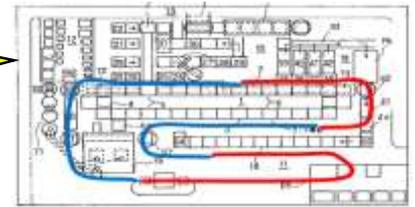
実証実験における実装方針



フィジカル空間



サイバー空間



＜フィジカルとサイバーをつなぐ実装手段＞

簡易に安くどこでも使えるセンサー設置

- ・移動位置：カメラ
- ・荷有無：色照度センサー
- ・荷重量：荷重センサー

＜初回実証実験結果にて不採用決定＞

- ・爪の上げ下げ：加速度センサー
- ・停止、モーターの動き：電磁波センサー
- ・人の乗り降り：人感センサー

個々のフォークリフトから情報を取得
(どこでも使えるキット化)

改善検討/実施

ロスの見える化

状態分類	分類			活用センサー							集計値	
	分類1	分類2	分類3	加速度	照度	音	電磁波	人感	温度・湿度	映像 (位置情報)	時間(min)	平均気温・湿度
戻し作業時間 (誤送品の回収時間)	積荷あり	積荷なし	積荷なし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
庫内整理時間	積荷あり	積荷なし	積荷なし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
	積荷あり	積荷なし	積荷なし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
その他	積荷あり	積荷なし	積荷なし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
	積荷あり	積荷なし	積荷なし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
リフティング時間	荷上げ	荷下ろし	荷下ろし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
	荷上げ	荷下ろし	荷下ろし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
停車時間	エンジン停止時間	エンジン停止時間	エンジン停止時間	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX
	アイドリング時間	搭乗者あり	搭乗者なし	○	○	○	○	○	○	○	XX	XX

~~ビコン~~

センサーと作業の見える化の関係

機器構成：動線可視化 & 荷重計



① 荷重計ロガー



動線可視化 システム構成



物流倉庫・工場



車両(フォークリフト)

----- オプション -----

荷重計 WebCam 車載電源 クレードル



マツ様へ依頼



マツ様へ依頼



マツ様へ依頼



動線可視化用PC



PC取付用クレードル



WebCam(前方用)



動線可視化用カメラ



実証実験シナリオ

人・モノ(フォークリフト)の動きの ①**自動収集** と **IEのロス分析**を融合し
 ②**ロス**を**見える化**し、③**最適編成&標準作業**へ繋げる

① 人・モノの動きの自動収集

i) フォークリフトの動線の把握



ii) フォークリフトの 実/空 運搬の把握



iii) 人の実際の作業内容の把握

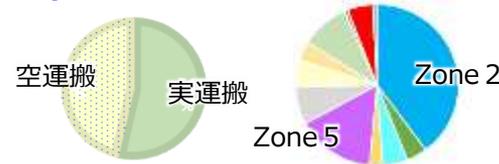


前方映像

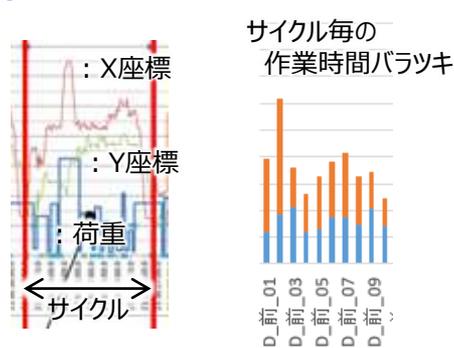
後方映像

② データによるIE分析

i) 工程分析



ii) 作業分析

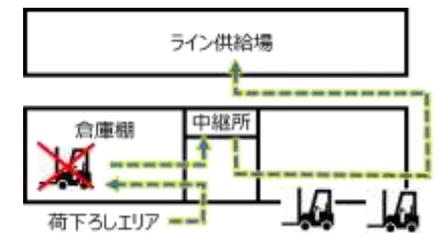


③ 改善検討、実施

i) 最適レイアウト



ii) 最適編成



月々変動する生産計画に応じて、作業編成を事前確認し常に最適な価値編成を維持していく！



WG活動紹介ムービーをご覧ください

The screenshot displays a software interface for a warehouse activity. On the left, a 2D floor plan shows a red path starting from a blue area and moving towards a yellow location marker. Below the floor plan is a video player showing a forklift in a warehouse aisle. The video player has a timestamp of 00:02:45.3 and a pause button. To the right of the video player is a data panel with the following information:

位置	(40.81, 33.27)	m
速度	0.2	km/h
傾き(Roll)	359.0(-0.016878)	度
傾き(Pitch)	356.9(-0.054155)	度
傾き(Yaw)	90.0(1.570796)	度
荷重	0.01	t
角速度	(0.00, 0.00, 0.00)	θ/s
加速度	(-0.06, 0.83, 9.67)	G
日付	2020/01/21	
時間	10:13:41.145	
ID時間	1579559221.15	
行番号	1855	
データID	1652	
Lower Value	00:02:45.2	1252
Upper Value	00:02:45.2	1652
Diff Upper-Lower	00:00:40.0	400
Distance Upper-Lower (m)		



- 1) 現状作業の可視化
 - ① リアルタイム動線描画
 - ② 動線の可視化
 - ③ 動線・荷重のデータ化
- 2) 分析の方法検討
- 3) 作業エリアの可視化（ゾーン作業内容分析）
- 4) サイクル作業時間のバラツキ分析

1) 現状作業の可視化：① リアルタイム動線描画

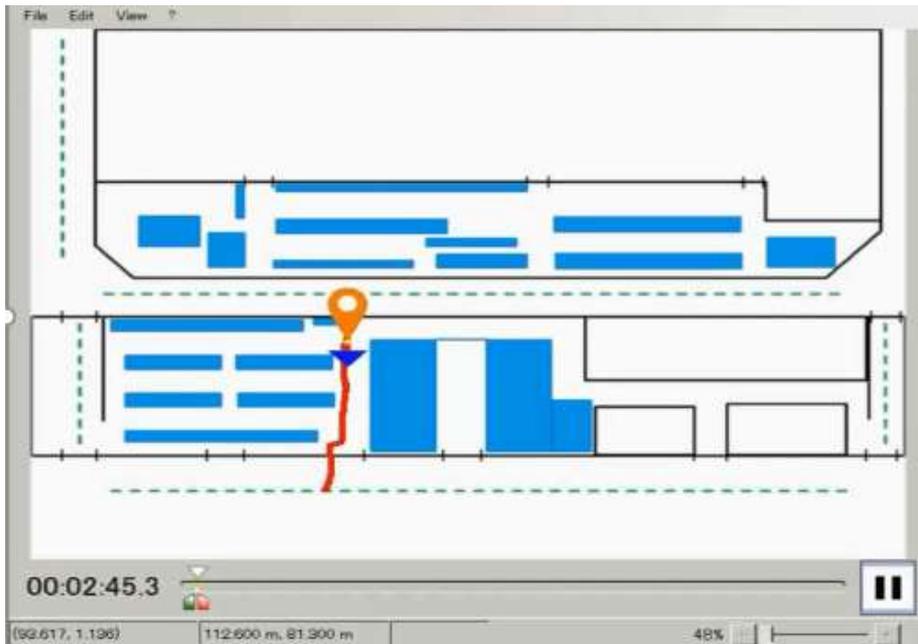
フォークリフト動線のリアルタイム描画

(2倍速で再生中)

フォークリフト位置情報 (X座標、Y座標)

速度情報

荷重情報

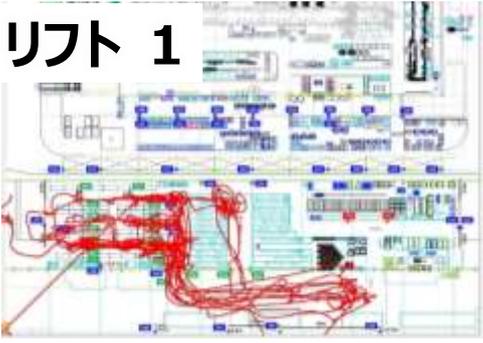


位置	(40.81, 33.27)	m
速度	0.2	km/h
傾き(Roll)	359.0(-0.016878)	度
傾き(Pitch)	358.9(-0.054155)	度
傾き(Yaw)	90.0(1.570796)	度
荷重	0.01	t
角速度	(0.00, 0.00, 0.00)	θ/s
加速度	(-0.06, 0.83, 9.67)	G
日付	2020/01/21	
時間	10:13:41.145	
日時	1579569221.18	
行番号	1655	
デ-91dx	1652	
Lower Value	00:02:45.2	1252
Upper Value	00:02:45.3	1652
Diff Upper-Lower	00:00:40.8	408
Distance Upper-Lower (m)		

パナソニック様の動線可視化システムにより、リフトの
屋内位置、積載荷重、フォークリフト前後の動画を同期させた状態で取得・表示でき、解析作業を楽にできた。



1) 現状作業の可視化：② 動線の可視化

実際の動線	作業概要	作業内容
<p>リフト 1</p> 	<p>荷下し ↓ 部品棚</p>	<ul style="list-style-type: none"> ①トラックからおろした部品を倉庫へ棚入れ ②倉庫の部品を中継場へ運搬 ③倉庫の部品をサブAssy場へ運搬
<p>リフト 2</p> 	<p>部品棚 ↓ ライン供給</p>	<ul style="list-style-type: none"> ④中継場 or トラックからおろした部品をライン供給場へ運搬 ⑤ライン供給場から空箱を運搬
<p>リフト 3</p> 		

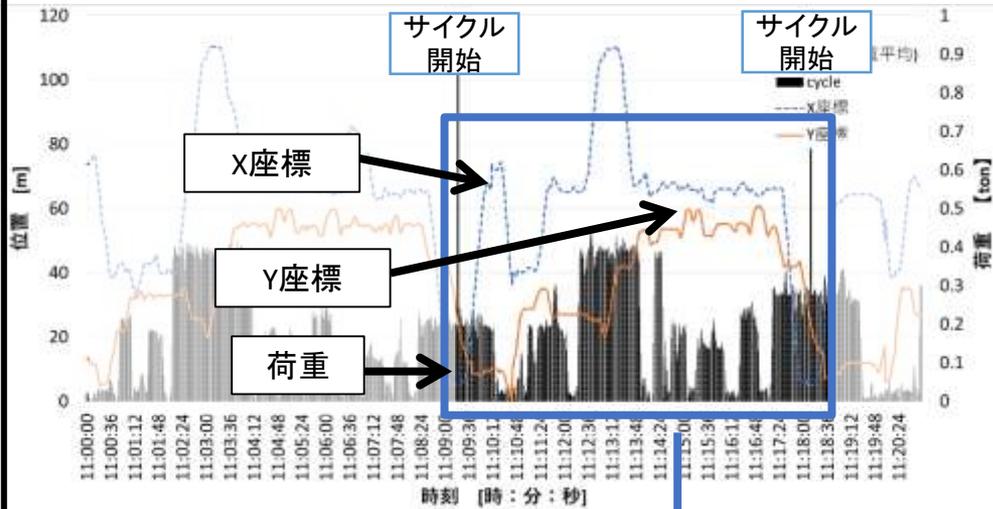
フォークリフト毎の作業のパターンと動く範囲の可視化が実現。

すなわち、フォークリフトの動きをデータに変換できるようになった！！

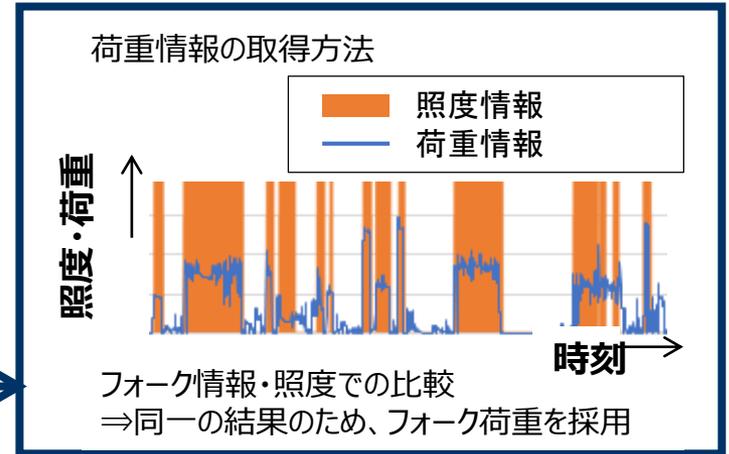
1) 現状作業の可視化：③ 動線・荷重のデータ化



① データの内容確認



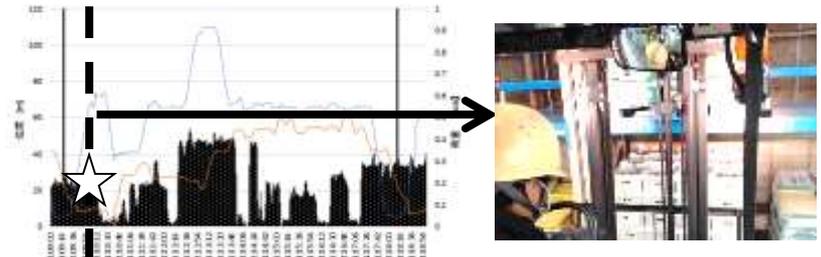
時間別の位置・荷重情報



荷重情報

② 動画データを用いたエビデンス対応

確認点

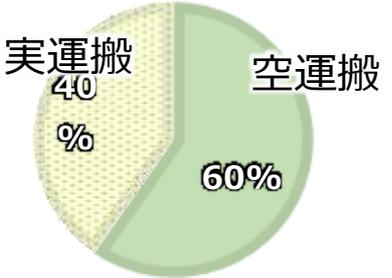
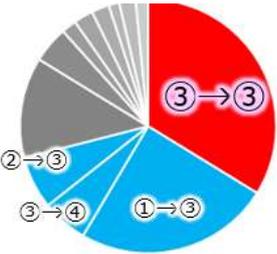
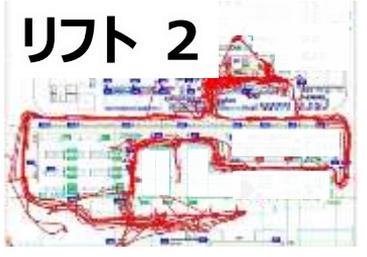
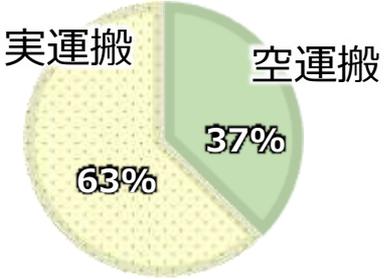
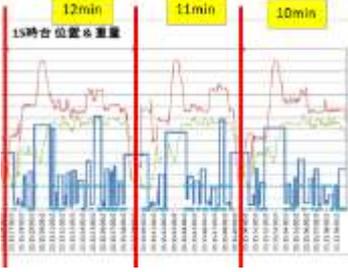
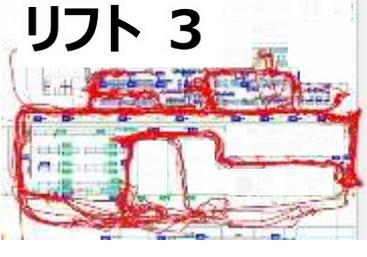
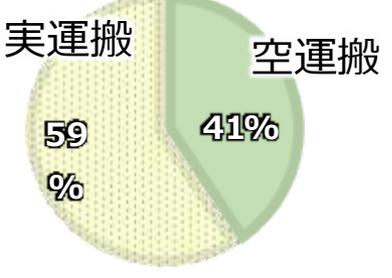
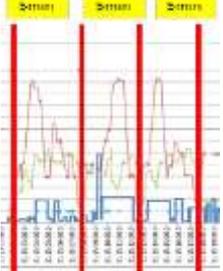


確認したい時刻において、動画データで内容確認



2) 分析の方法検討

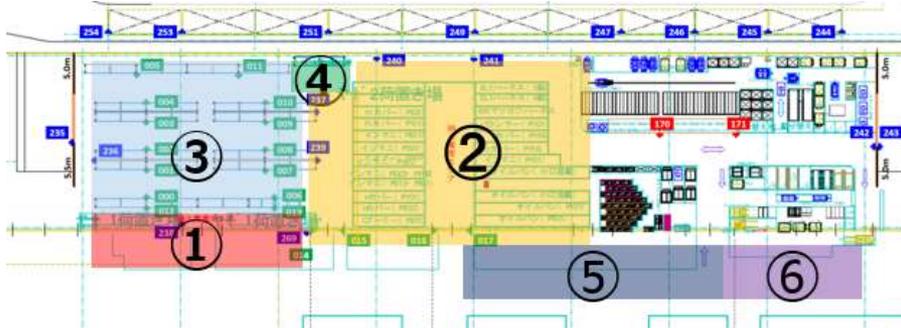
リフト 1 とリフト 2・3 ではロスの内容が異なる

動線	有効稼働率	分析の指針
<p>リフト 1</p> 	 <p>実運搬 40% 空運搬 60%</p>	 <p>エリア毎の作業で発生しているロスに違いあり (ありそう)</p> <p>→ 『①ゾーン作業分析』</p>
<p>リフト 2</p> 	 <p>実運搬 63% 空運搬 37%</p>	 <p>作業内容は、ほぼサイクリック しかし、数分単位でバラツキあり バラツキの要因を分析しよう...</p>
<p>リフト 3</p> 	 <p>実運搬 59% 空運搬 41%</p>	 <p>→ 『②サイクル作業時間のバラツキ分析』</p>



3) 分析結果：① ゾーン作業内容分析

作業エリアを6ゾーンに分割して、ゾーン間の移動を分析



本来の作業

30%

：ゾーン間の部品の運搬
(①→③、②→③、③→④、③→⑥)

想定外の作業

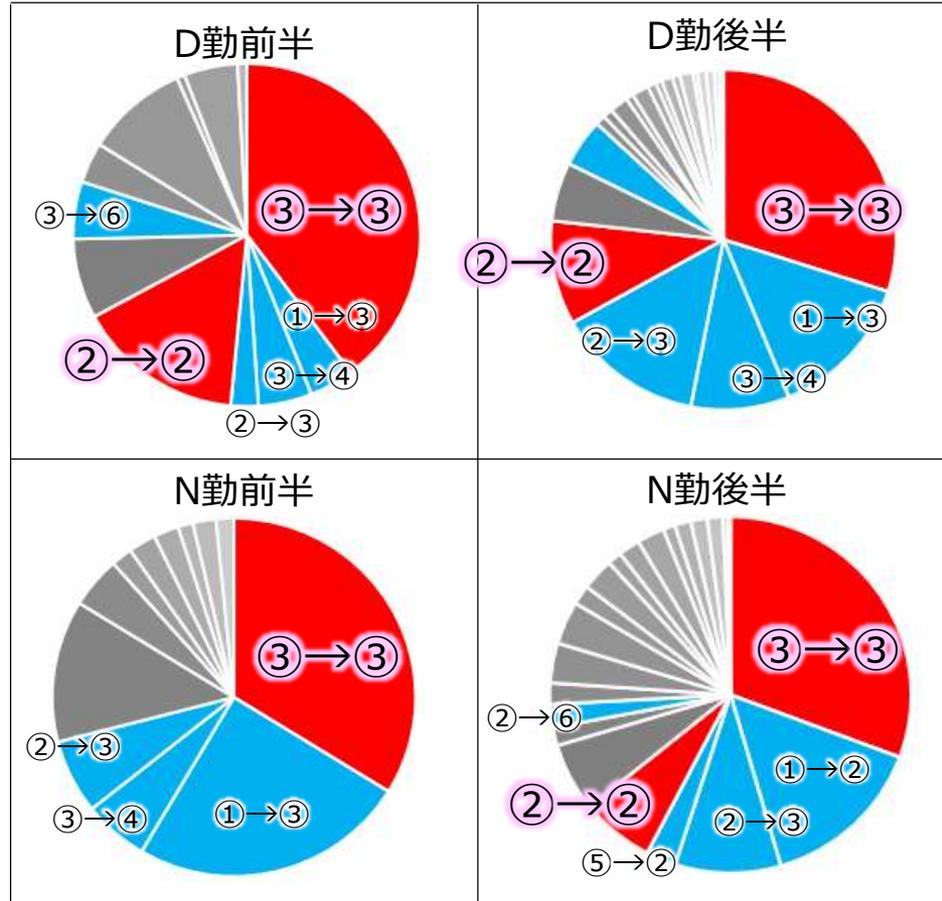
42%

：ゾーン内での部品の移動
(③→③、②→②)

その他の作業

28%

：空パレットの整理 など

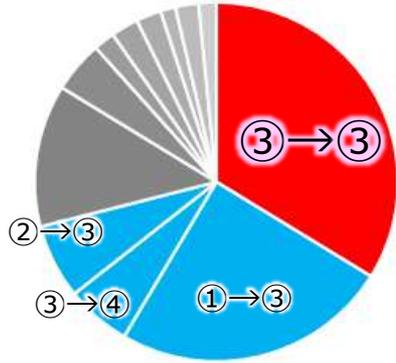


ゾーン内での部品の移動に対して注目！

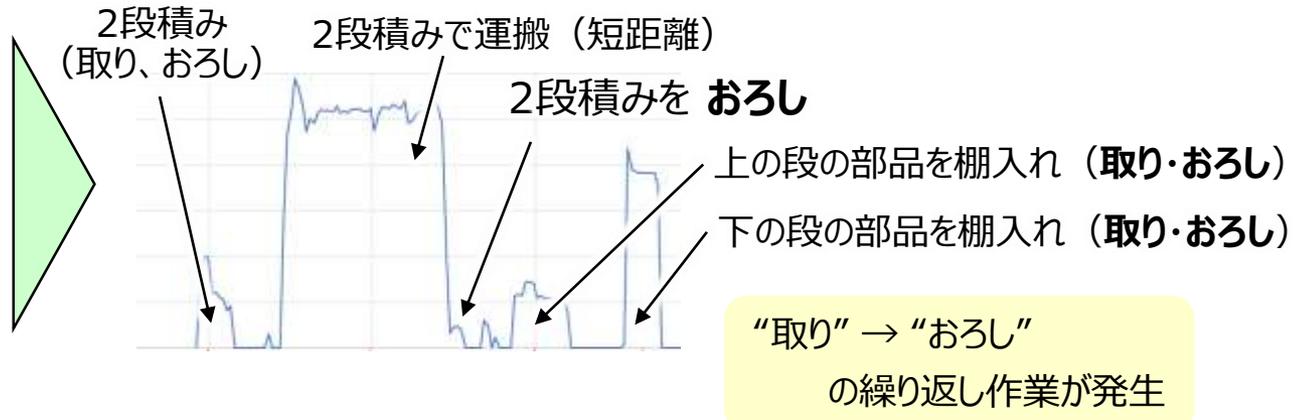


3) 分析結果：① ゾーン作業内容分析

何故同一作業ゾーン内で運搬が発生するのか？



リフト 1 のゾーン分析結果

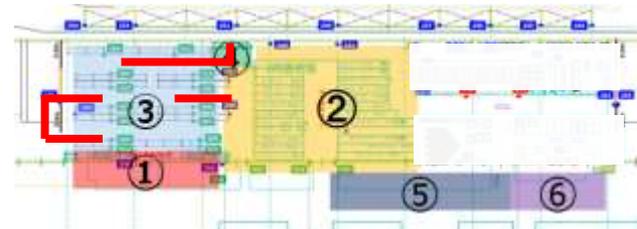


<部品の2段積みの考察>

リフト 2・3 は、運搬距離が長い
→ 2段積み運搬の効果 大



リフト 1 は、運搬距離が短い
→ 2段積み運搬は、載せ替え時間の比率が高くなり
効率低下することが分かった！

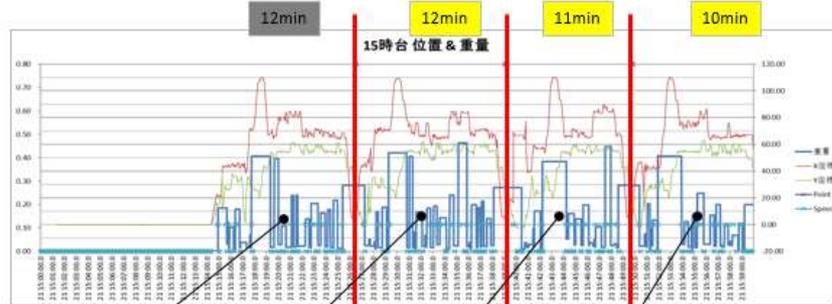


3) 分析結果：② サイクル作業時間のバラツキ分析

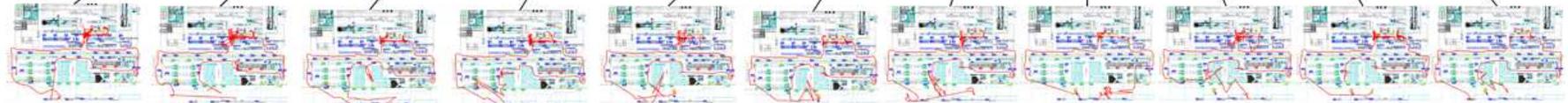
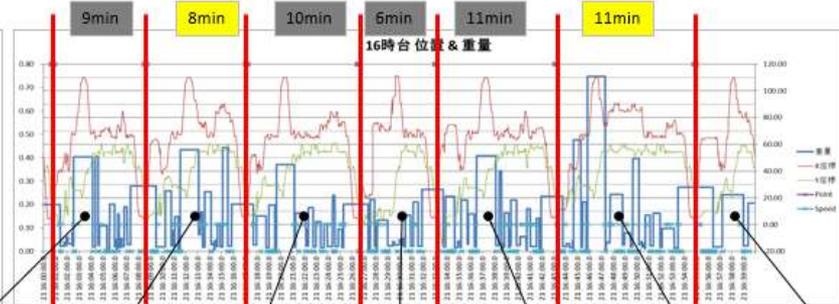


<リフト2のデータ連携分析>

グレーは基本パターンではない



<リフト3のデータ連携分析>



- ・画像分析データの座標と荷重のデータを時間軸で重ねたグラフで見える化
- ・座標/荷重データ連携分析により、各フォークの主作業となるルート、目標時間を設定

<リフト2の標準ルート>



<リフト3の標準ルート>



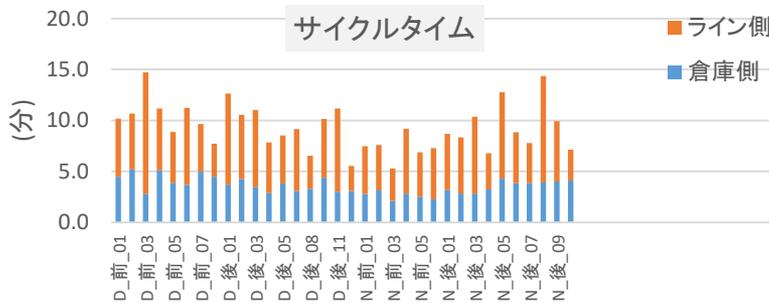
リフト単位の標準ルートが判明
(サイクル作業時間もデータ化)



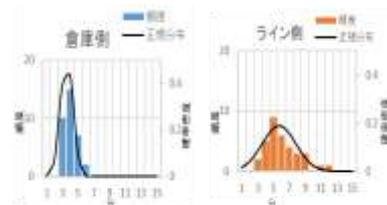
3) 分析結果：② サイクル作業時間のバラツキ分析



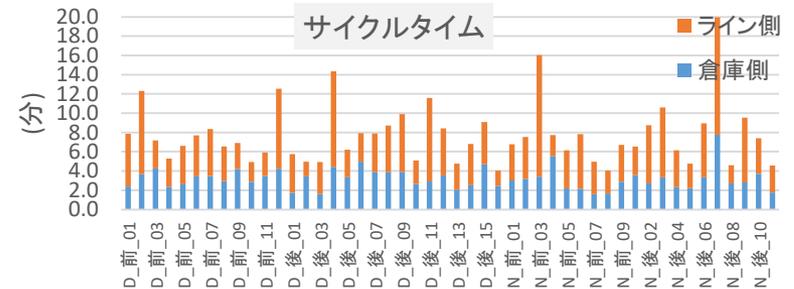
<リフト2の動線>



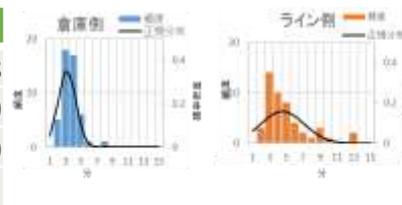
統計量	倉庫側	ライン側	合計
平均	3.6	5.7	9.3
最大	5.2	11.9	14.7
最小	2.1	2.5	5.3
標準偏差	0.79	2.13	



<リフト3の動線>



統計量	倉庫側	ライン側	合計
平均	3.2	4.5	7.8
最大	7.8	12.6	20.0
最小	1.6	1.5	4.0
標準偏差	1.13	2.55	

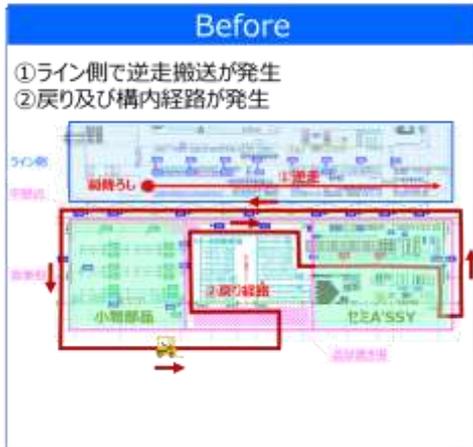


最短のサイクル時間を基準に標準作業を設定 (今回の分析はここで終了)

→ ライン側を中心とした標準作業と実作業のバラツキ要因の分析を継続検討



改善検討：最適レイアウト & 最適編成の検討



【FL3搬送実績】

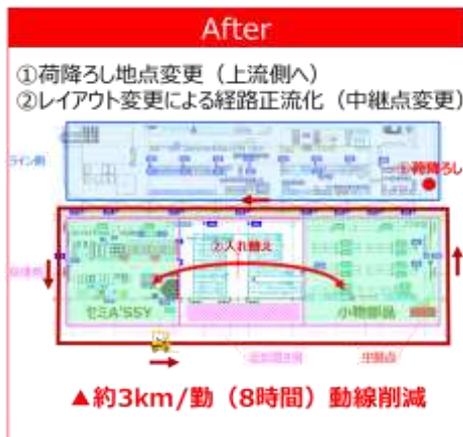


【搬送回数】

測定日時	返却①	返却②	返却③	返却④	逆走	全サイクル数
1/21 10:00~12:00	2	2	4	1	2	13
1/21 15:00~17:00		7	2		1	16
1/22 1:00~2:30		2				10
1/22 8:00~10:00		2	1		1	13

＜改善の着眼点＞

- ① リフト1の作業方法改善
・2段積み運搬見直し
- ② 職場レイアウト改善
・リフト3の動線削減
- ③ サイクル作業阻害要因改善
・リフト2・3のサイクルタイム
超え作業の詳細分析



【改善効果試算】



【搬送回数】

測定日時	返却①	返却②	返却③	返却④	逆走	全サイクル数
1/21 10:00~12:00	2	2	4	1	2	13
1/21 15:00~17:00		7	2		1	16
1/22 1:00~2:30		2				10
1/22 8:00~10:00		2	1		1	13

【削減距離 (m)】

	返却①	返却②	返却③	返却④	逆走	全サイクル数
削減距離 (m/回)	5	13	60	120	160	30
削減距離小計 (m)	10	169	420	120	640	1,560
削減割合合計 (m)			2,919			

＜改善の効果目標＞



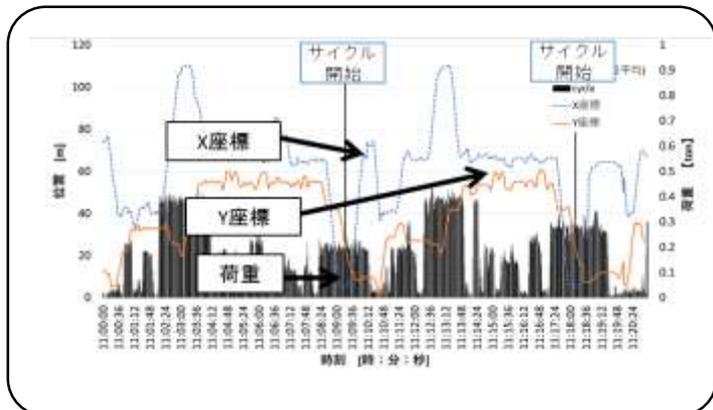
3名/D・N → 2名/D・N



分析結果からの気づき

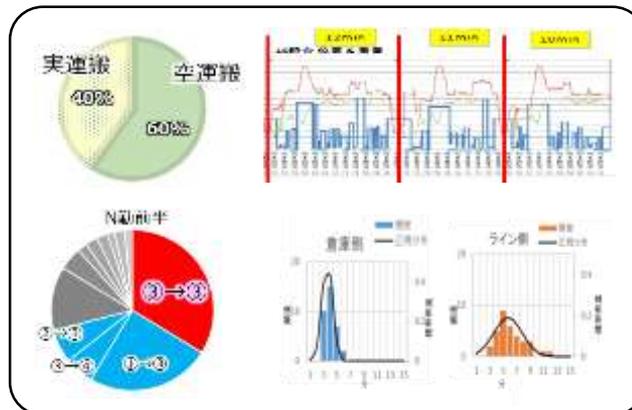
① 人・モノの動きの自動収集

- ◆ フォークリフトの動きを簡易的な機器の構成で可視化（データ化）する事ができた。
- ◆ ビーコンを設置する必要がないので、横展開(他拠点展開含む)が容易
- ◆ フォークリフトの動きを X軸・Y軸 & 荷重グラフで可視化できることがわかった。
- ◆ 可視化データと連動する動画を連携させ 作業の問題発掘が容易になった



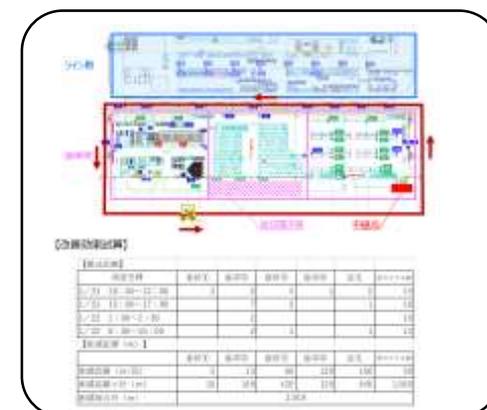
② データによるIE分析

- ◆ フォークリフトの動きを定量化する事ができ、それを基に、ロスパラメータ化する事により、自動で、リアルタイムでロス分析ができる新しい技術の習得ができた。
- ◆ 人・モノの動きを定量化する事により、これまで 個人で取得データの分析を時間をかけておこなっていたものを、短時間で かつ 多くのエンジニアの知恵をいれて協議・分析することができるとわかった。



③ 改善検討、実施

- ◆ 現状を定量データで分析しているため、改善効果の見込みが容易にできる
- ◆ 分析が早くできるため、改善の着眼点を見つけまでの時間が短い。
- ◆ 改善実施、効果確認、新たな問題の発掘というPDCAのサイクルを早く回わすことが可能。

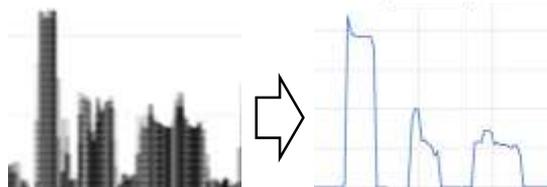


① 人・モノの動きの自動収集



② データによるIE分析

今回の活動では、分析パラメータの設定にとっても苦労しました。
→ 試行錯誤の繰り返しからデータのクリーニングを行い可視化実現！



③ 改善検討、実施



- ◆ 人感センサーを搭載し、周辺の人々の動きとの干渉を確認できるようにする
- ◆ 部品情報と連携し、更にきめの細かい部品別のパターン化を行えるようにする

- ◆ 人・モノの動きのロスを定量化するパラメータの標準化とさらなるロス発掘のためのパラメータ定義
- ◆ 手法を駆使できる社内での人材の育成

- ◆ 実際の現場において、いつでも改善検討のできる設置機器の拡充。



素晴らしい仲間との
出会いに感謝!

