

製造業ITマイスター指導者育成プログラム 研修テキスト 講義用教材(第5日) IoTによるデータ分析入門



製造業ITマイスター研修教材一覧



日	テーマ		教材
1	製造業IT導入ワークショップ	午前	IoTとシステムの基礎
		午後	製造業IT導入ワークショップ
2	高度IT実装技術の習得 1	午前	IoTによるシステム開発入門
		午後	高度IT実装技術の習得 1 (ラズパイ+見える化実習)
3	高度IT実装技術の習得 2	午前	IoTによる生産管理入門
		午後	高度IT実装技術の習得 2 (IoTセンサー実装実習)
4	システム構築技術の習得 1	午前	IoTによる在庫管理入門
		午後	システム構築技術の習得 1 (業務システムの基本パターン)
5	システム構築技術の習得 2	午前	IoTによるデータ分析入門
		午後	システム構築技術の習得 2 (データ分析)
6	PBL 1 (事例企業調査)	午前	事例企業調査
		午前	事例企業の課題モデル化実習
7	PBL 2 (課題の設定と解決策の提案)	午後	システム構築の実際
		午後	システム構築実習 (1) 課題の設定と解決策の提案
8	高度IT実装技術の適用	午前	IT経営の実践方法
		午後	システム構築実習 (2) 高度IT実装技術の適用
9	システム構築技術の適用	午前	情報システムセキュリティ基礎 知財とオープン&クローズ戦略
		午後	システム構築実習 (3) システム構築技術の適用
10	筆記試験および成果発表会	午前	個人と組織の発展に繋がるキャリアデザイン講座 (筆記試験)
		午後	(成果発表会)

1. データ分析の重要性

2. 分析手法

3. 製造現場で考えてみましょう！

データを取ればわかる



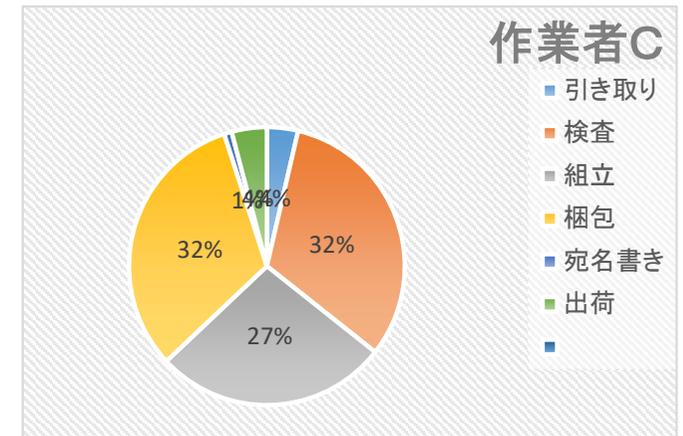
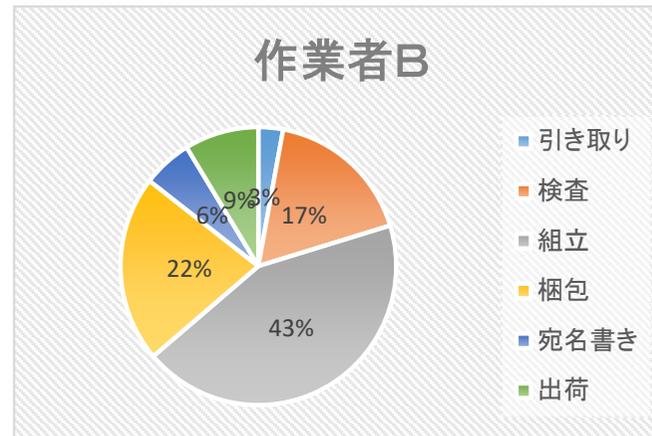
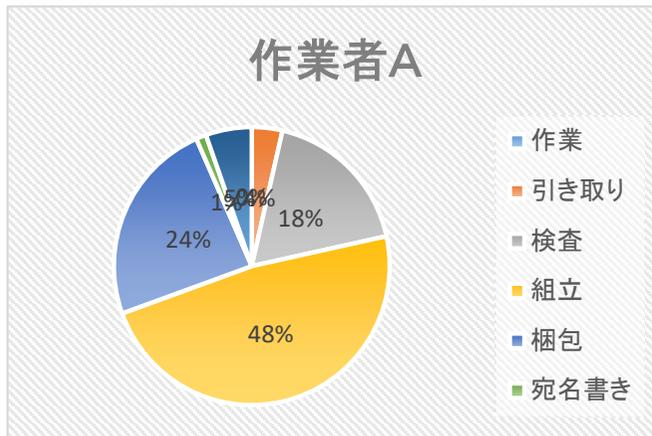
- 人の作業を効率化・自動化すれば、作業実績がわかる
 - 作業実績把握
 - さらに作業分析と改善
- 設備・治具の状態を取れば、稼働率がわかる
 - 設備の使われ方・稼働率
 - さらに工程の進み具合、設備状態

早く、定量的に

- 仮説と検証を早いサイクルで進める
 - 困りごとを洗い出し、簡単な手法で定量的にする
 - データをとり、分析し、想定効果を言う！
 - 効果があると思われる施策を設定し、即実行！

● 実証実験の事例

IOTデバイスで作業分析

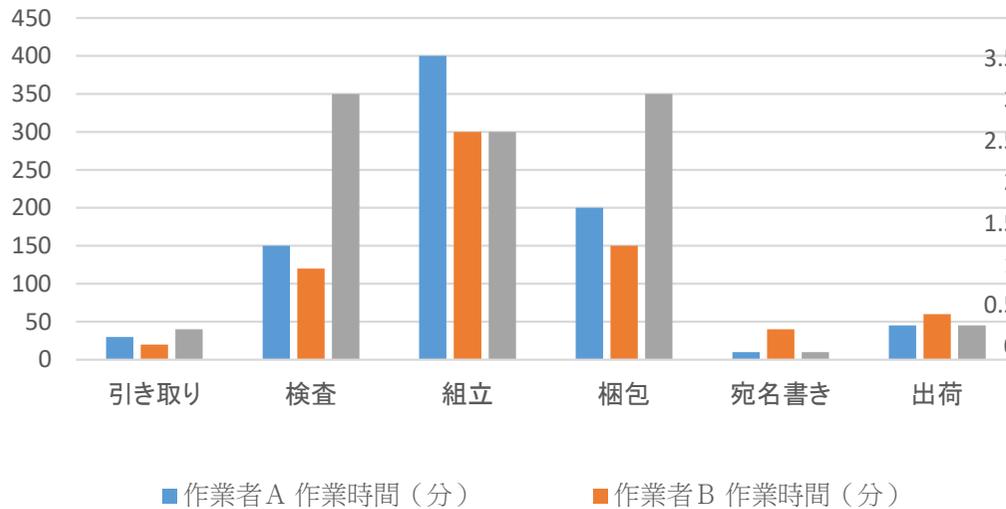


おいしいIoT

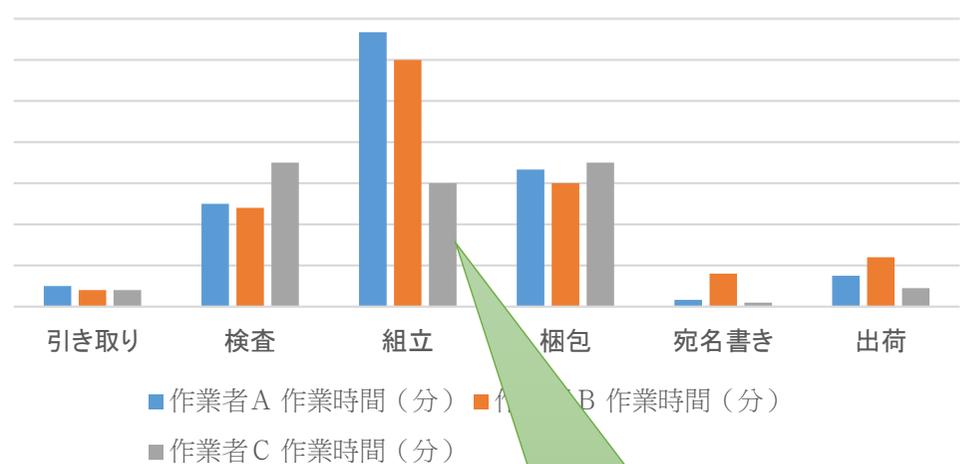


- せっかくデータをとっても、分析方法を間違えると効果がみえない！

作業員毎、作業時間



作業時間/生産数
(A120、B100、C200)



Cさんが効率的！
検査に時間をかけ、組み立て工数が半減

1. データ分析の重要性

2. 分析手法

3. 製造現場で考えてみましょう！

分析手法(QC7つ道具)



1. パレート図

現象別に層別してデータを取ることで、重要な不良や問題点を見つけ出す。

2. 特性要因図

原因と結果の関係を整理する。魚の骨(フィッシュボーン)。

3. グラフ

全体把握ができ、データの比較が目で見えてわかりやすくなる。

4. 管理図

工程が安定しているのかが見ることができる。バラつきが異常なのか自然なのかを区別できる

5. チェックシート

データの分類や項目別の分布や出現状況を把握することができる。

6. ヒストグラム

データのバラつきと度数を把握することができる。データの区間分けすることができる。

7. 散布図

2つのデータの関係性・特性を見ることができる。

補足. 層別

データをグループ別に分けて問題点を把握することができる。

分析手法(QC7つ道具)



用途	使用する
問題を発見するツール	<ul style="list-style-type: none">・ グラフ・ 管理図
問題の原因を把握したいときのツール	<ul style="list-style-type: none">・ パレート図・ ヒストグラム・ 特性要因図
対策後、問題が解消したことを確認するツール	<ul style="list-style-type: none">・ グラフ・ 散布図・ 管理図

※ 層別は「JIS Q 9024:2003」(マネジメントシステムのパフォーマンス改善)の中にはなくなっていますが、QC7つ道具の中には含まれています。

分析手法(分散と標準偏差)



分散とは、データのバラつき度合を表す値。

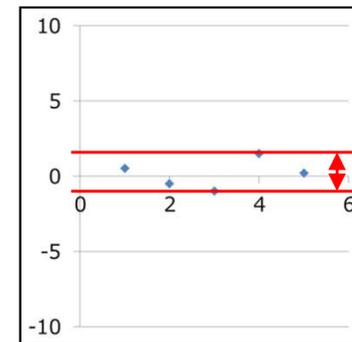
式

偏差 = データ値 - 平均値

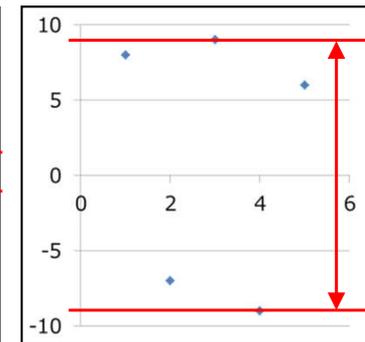
偏差平方和 = 偏差¹² + 偏差²² + ... + 偏差^N²

分散 = 偏差平方和 ÷ データ数

バラつきが小さいデータ



バラつきが大きいデータ



標準偏差とは、分散と同じくデータのバラつき度合を表しています。

分散との違いは、分散の「正の平方根」が標準偏差なので、データ値と同一の単位になります。

式

標準偏差 = $\sqrt{\text{分散}}$

例)

データ単位: cm(長さ) の場合

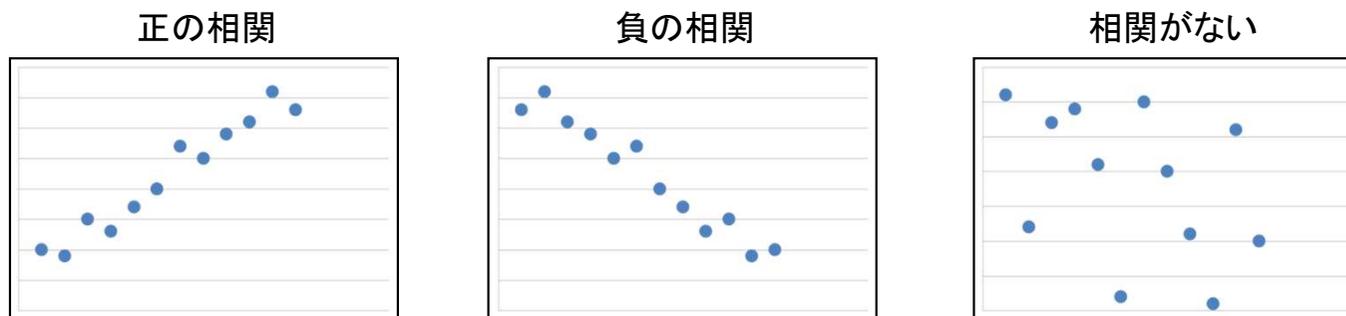
分散の単位: cm²(面積)

標準偏差の単位: cm(長さ)

単位を合わせてバラつき度合を見るためには、標準偏差を使用！！

分析手法(相関分析)

相関分析とは、2つ以上の変数の間に、相関関係があるかどうかを分析すること。



「正の相関」、「負の相関」、「相関がない」を数値化する方法の1つを共分散という。

式

$$\text{共分散} = \{(偏差x_1 \times 偏差y_1) + (偏差x_2 \times 偏差y_2) + \dots + (偏差x_n \times 偏差y_n)\} \div \text{データ数}$$

相関の強さを表す指標を相関係数という。

式

$$\text{相関係数} = \text{共分散} \div (\text{標準偏差}x \times \text{標準偏差}y)$$

分析手法(相関分析)

右表のように、プロジェクトメンバー10人の身長と体重について、どれくらい相関があるのか求めましょう。

No.	身長	体重
1	166.1	55.5
2	172.3	59.2
3	164.6	60.1
4	162.3	55.4
5	169.5	59.7
6	172.1	57.5
7	161.4	54.5
8	173.8	67.4
9	160.1	53.2
10	174.6	69.1
平均値	167.7	59.2

$$\begin{aligned}
 \text{共分散} &= \{(166.1 - 167.7) \times (55.5 - 59.2) \\
 &+ (172.3 - 167.7) \times (59.2 - 59.2) \\
 &+ (164.6 - 167.7) \times (60.1 - 59.2) \\
 &+ (162.3 - 167.7) \times (55.4 - 59.2) \\
 &+ (169.5 - 167.7) \times (59.7 - 59.2) \\
 &+ (172.1 - 167.7) \times (57.5 - 59.2) \\
 &+ (161.4 - 167.7) \times (54.5 - 59.2) \\
 &+ (173.8 - 167.7) \times (67.4 - 59.2) \\
 &+ (160.1 - 167.7) \times (53.2 - 59.2) \\
 &+ (174.6 - 167.7) \times (69.1 - 59.2)\} \div 10 \\
 &= 21.06
 \end{aligned}$$

$$\text{身長の標準偏差} = \sqrt{\{(166.1 - 167.7)^2 + \dots + (174.6 - 167.7)^2\} \div 10} = 5.17$$

$$\text{体重の標準偏差} = \sqrt{\{(55.5 - 59.2)^2 + \dots + (69.1 - 59.2)^2\} \div 10} = 5.05$$

$$\text{相関係数} = 21.06 \div (5.17 \times 5.05) = 0.806$$

強い負の相関
相関係数が-1に近い

弱い負の相関
相関係数が-0.5くらい

相関がない
相関係数が0に近い

弱い正の相関
相関係数が0.5くらい

強い正の相関
相関係数が1に近い

多変量解析(単回帰分析)



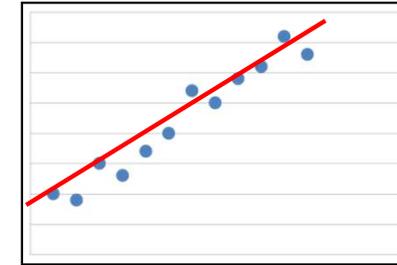
単回帰分析とは、2変数の関係を表した数式。

式

$$\text{回帰方程式 } y = a + bx$$

$$\text{回帰係数 } b = (x、y \text{の共分散}) \div x \text{の分散}$$

$$\text{切片 } a = y \text{の平均値} - \text{回帰係数} \times x \text{の平均値}$$

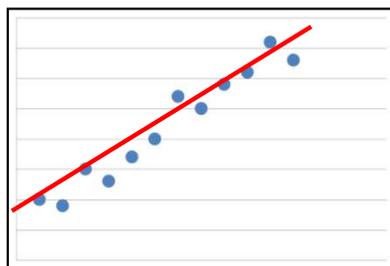


回帰直線

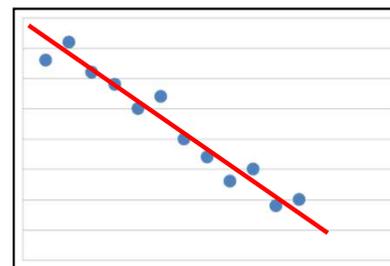
回帰方程式に対して、データのバラつきが大きいと精度が悪く、データのバラつきが小さいと精度が良いという。この精度を表す指標を**決定変数**という。

式

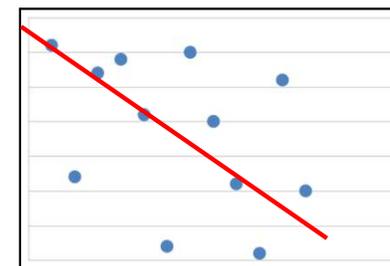
$$\text{決定係数} = \text{相関係数}^2$$



回帰方程式の精度が良い



回帰方程式の精度が良い



回帰方程式の精度が悪い

■ その他

様々な分析手法があります。

- 多変量解析(重回帰分析)
- 主成分分析
- 分散分析
- 高速フーリエ変換(FFT)
- クラスタ分析
- ABC分析

など。

1. データ分析の重要性

2. 分析手法

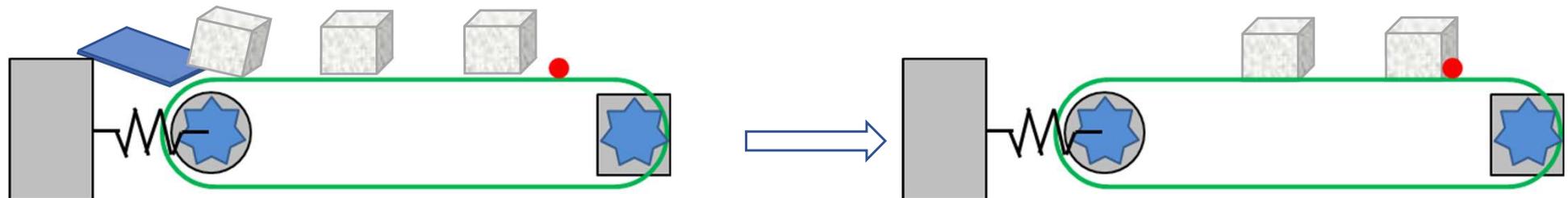
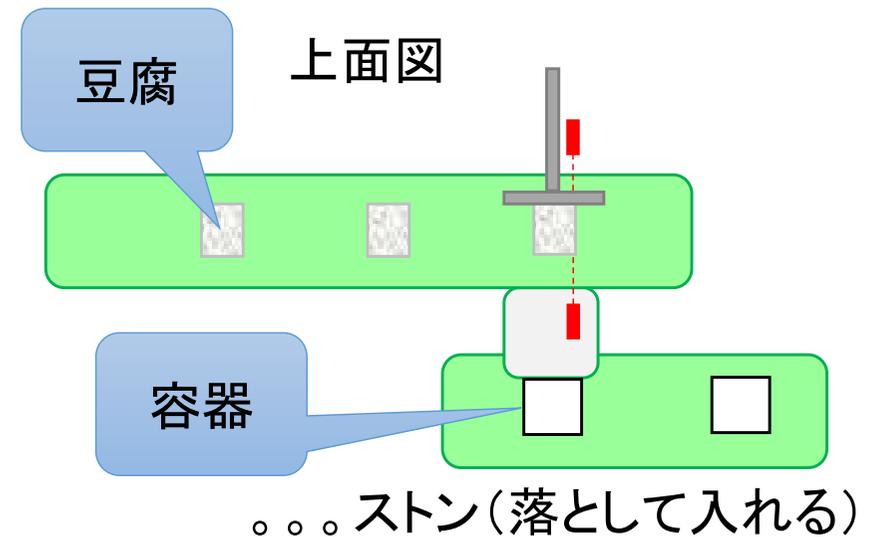
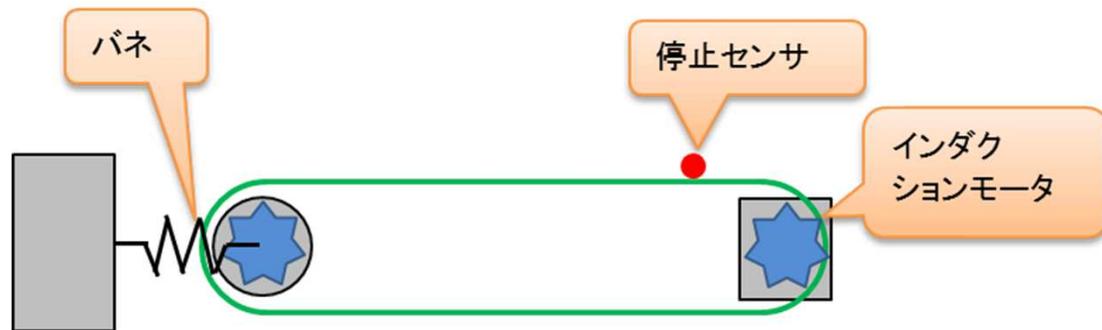
3. 製造現場で考えてみましょう！

事例

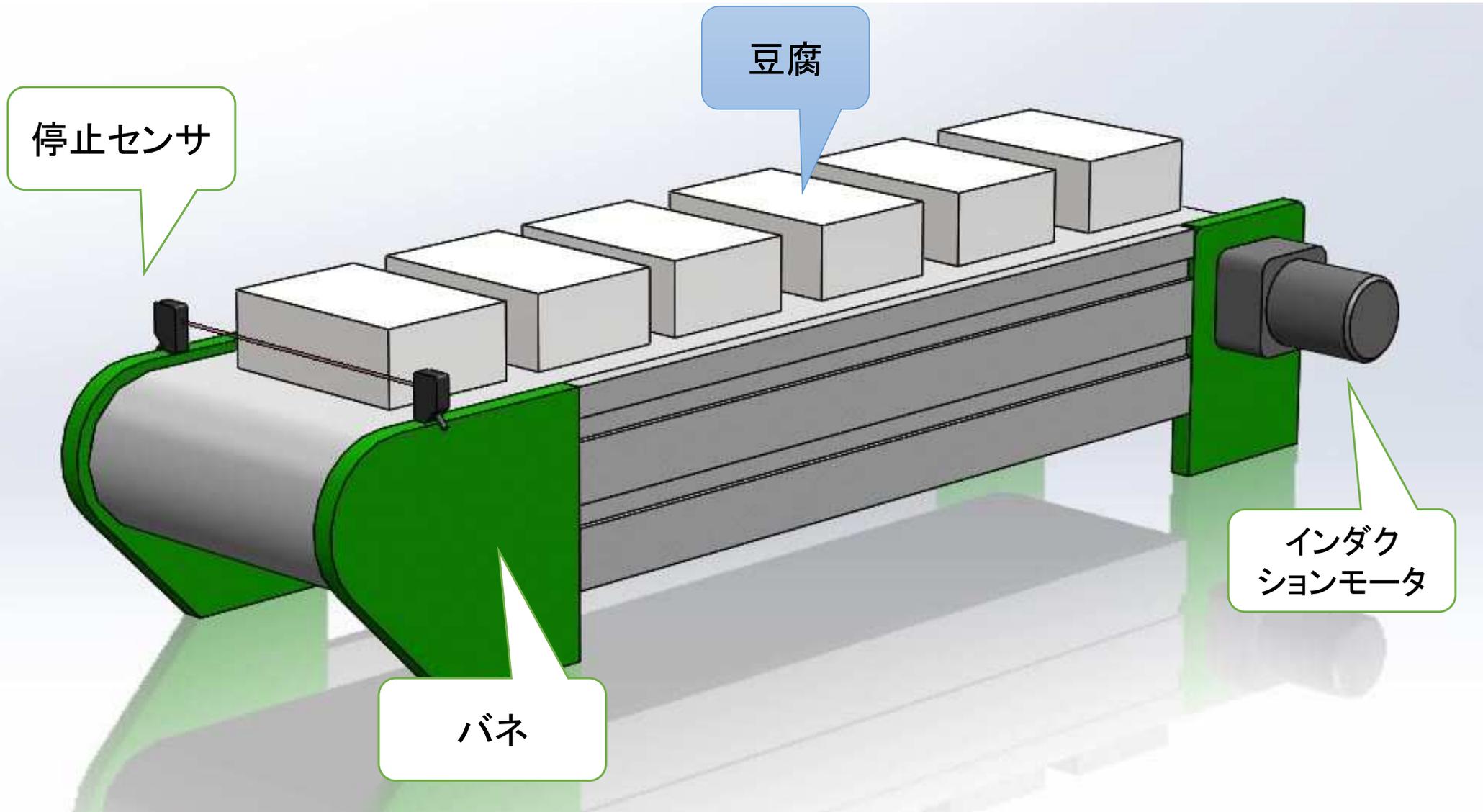
近年ダイエットブームということもあり、豆腐の売上が右肩上がり非常に好調な株式会社KITANO(仮称)。同社は1日に1千個の豆腐を製造してスーパーに卸しています。ありがたいことに今後も益々受注が増加することは確かですが、製造を手作業で行っていることもあり、これ以上生産量を増やすことはできないことが悩みです。

そこで株式会社KITANO(仮称)は、匠の技術を豆腐の製造に集中させ、パッケージングする工程を自動化することにしました。

側面図



事例(3Dモデル)



課題1



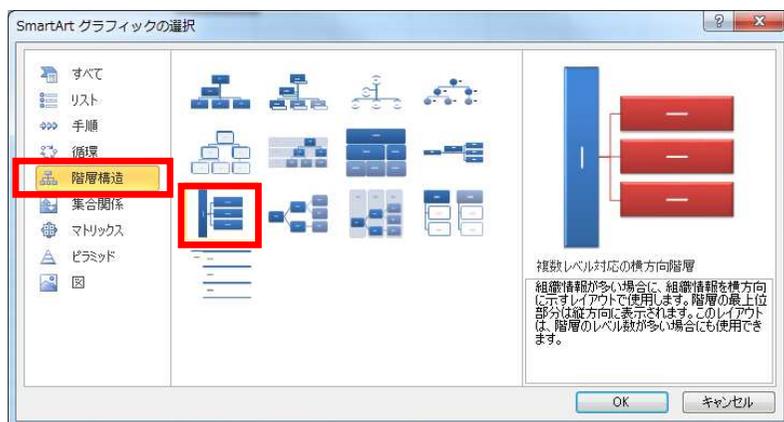
はじめの頃は順調に動いていたのですが、最近豆腐を容器入れる工程で不良が多発。容器に豆腐がうまく入らなくなってきました。



では、特性要因図を書いてみましょう！

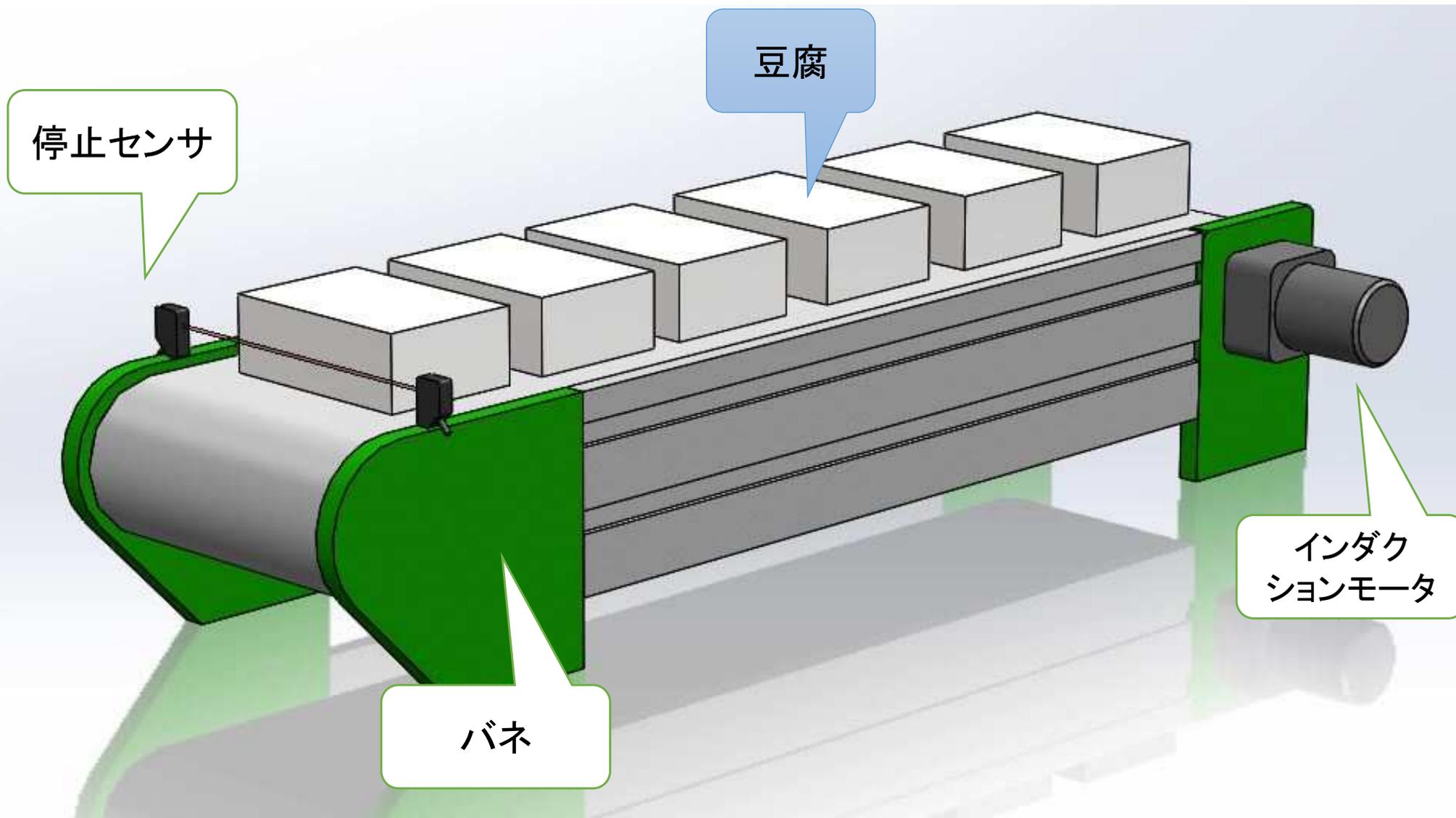
課題1

EXCELで特性要因図を書く方法



魚の骨(フィッシュボーン)をEXCELで書くと図形のコネクタ線を使って書くことになり面倒。
「SmartArt」を使うと似せて書くことができる。

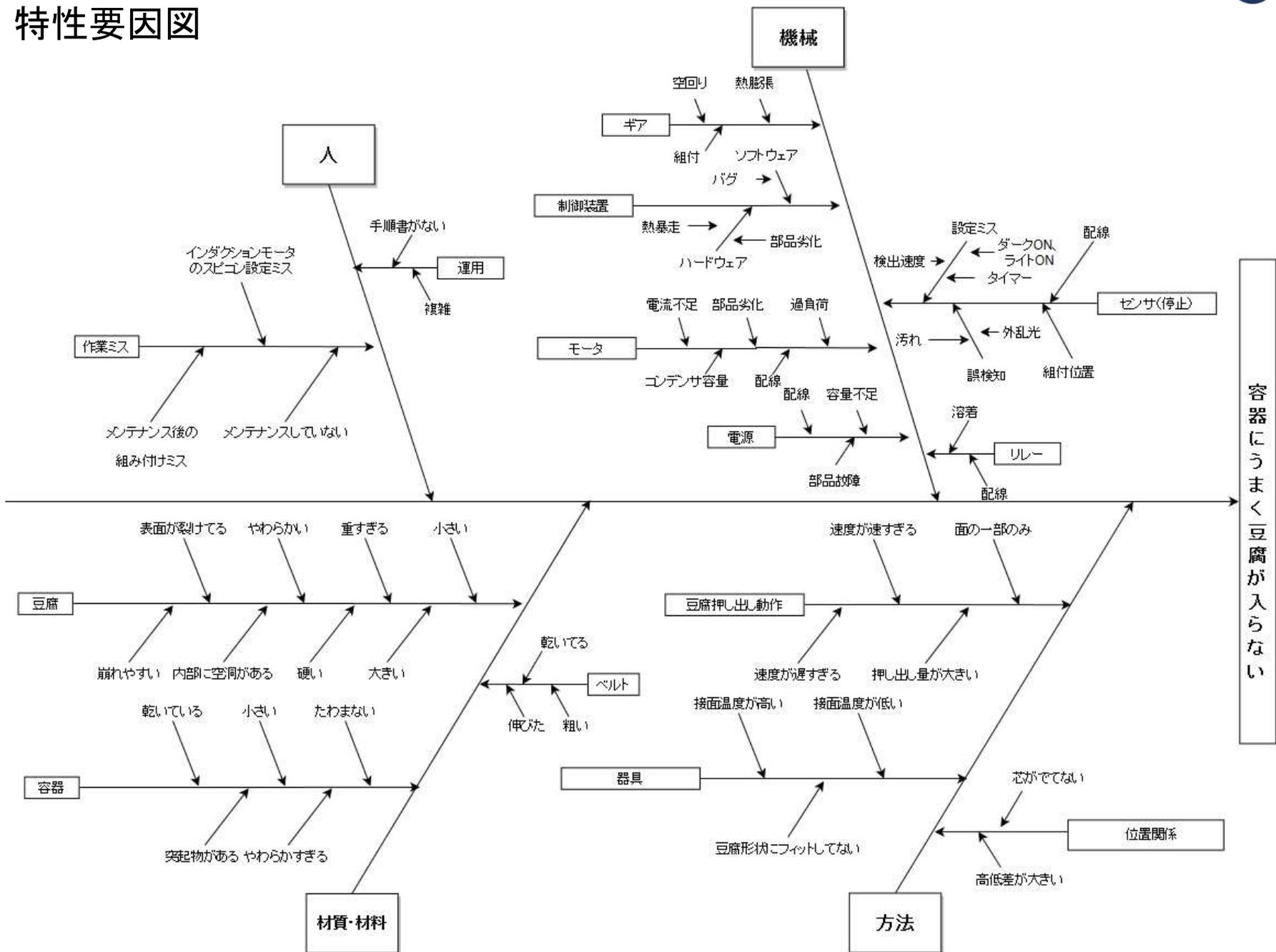
課題1



では、特性要因図を書いてみましょう！

課題1 (回答例)

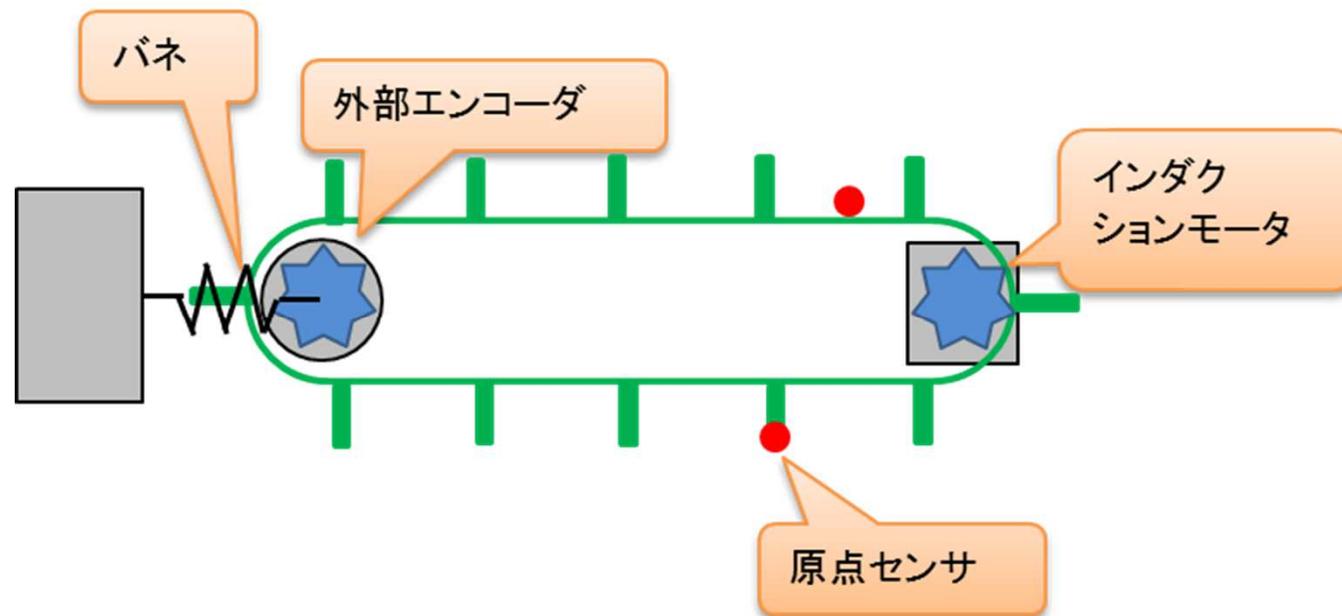
特性要因図



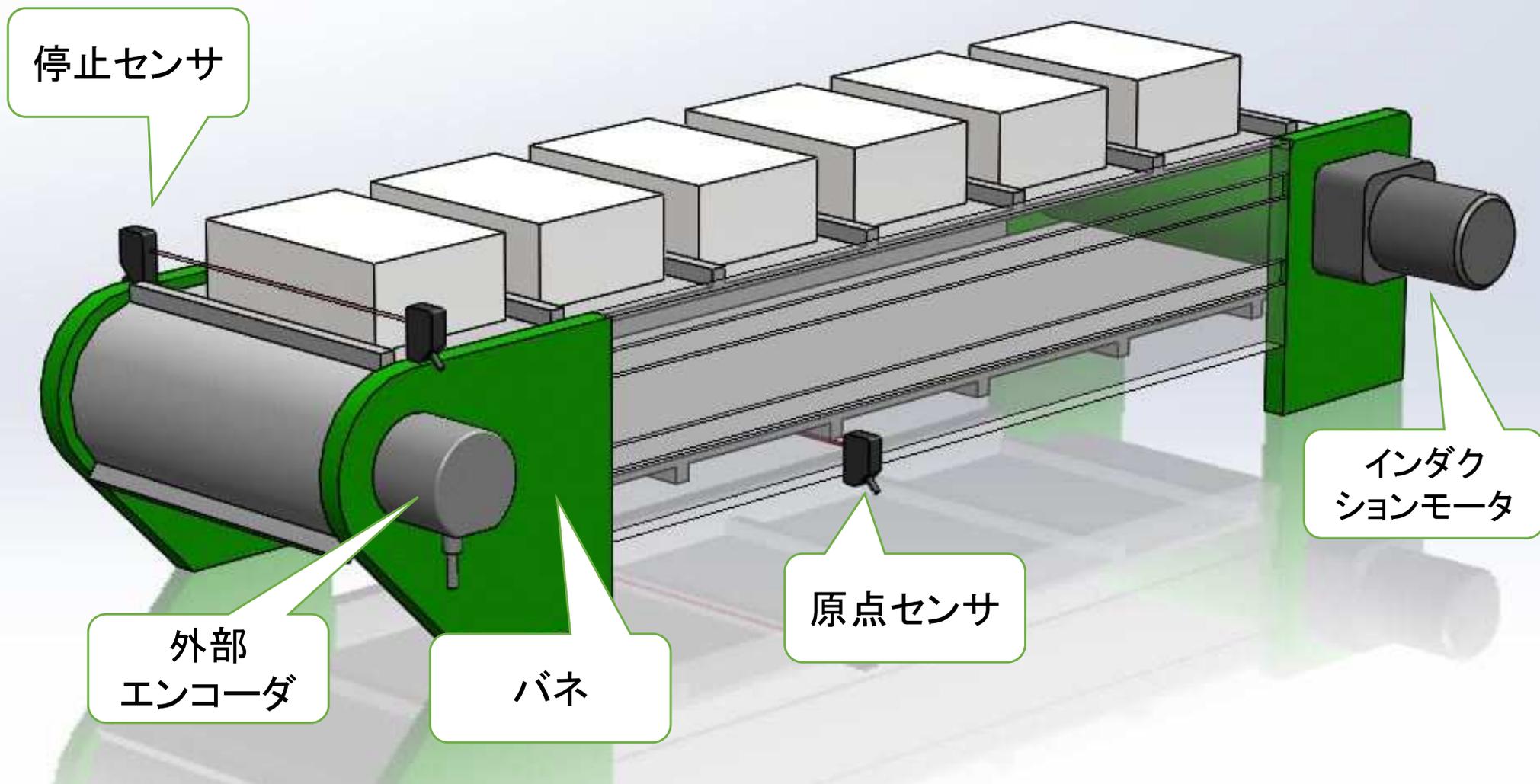
事例

原因は、インダクションモータでベルトを回転しているとき、回転速度がバラつくため、濡れているベルト上で豆腐が動いているためでした。

そこで、インダクションモータと逆側のギアに外部エンコーダを取り付け、外部エンコーダが一定速になるように制御する(フルクロード制御)に変更しました。また豆腐が万が一動いたとしても大きくずれないように、仕切りも追加することにしました。仕切りを追加することでスタート位置によっては豆腐が仕切りの上に置かれることを防ぐため、必ず運転開始時には原点復帰ができるように、原点センサも追加しました。



事例(3Dモデル)



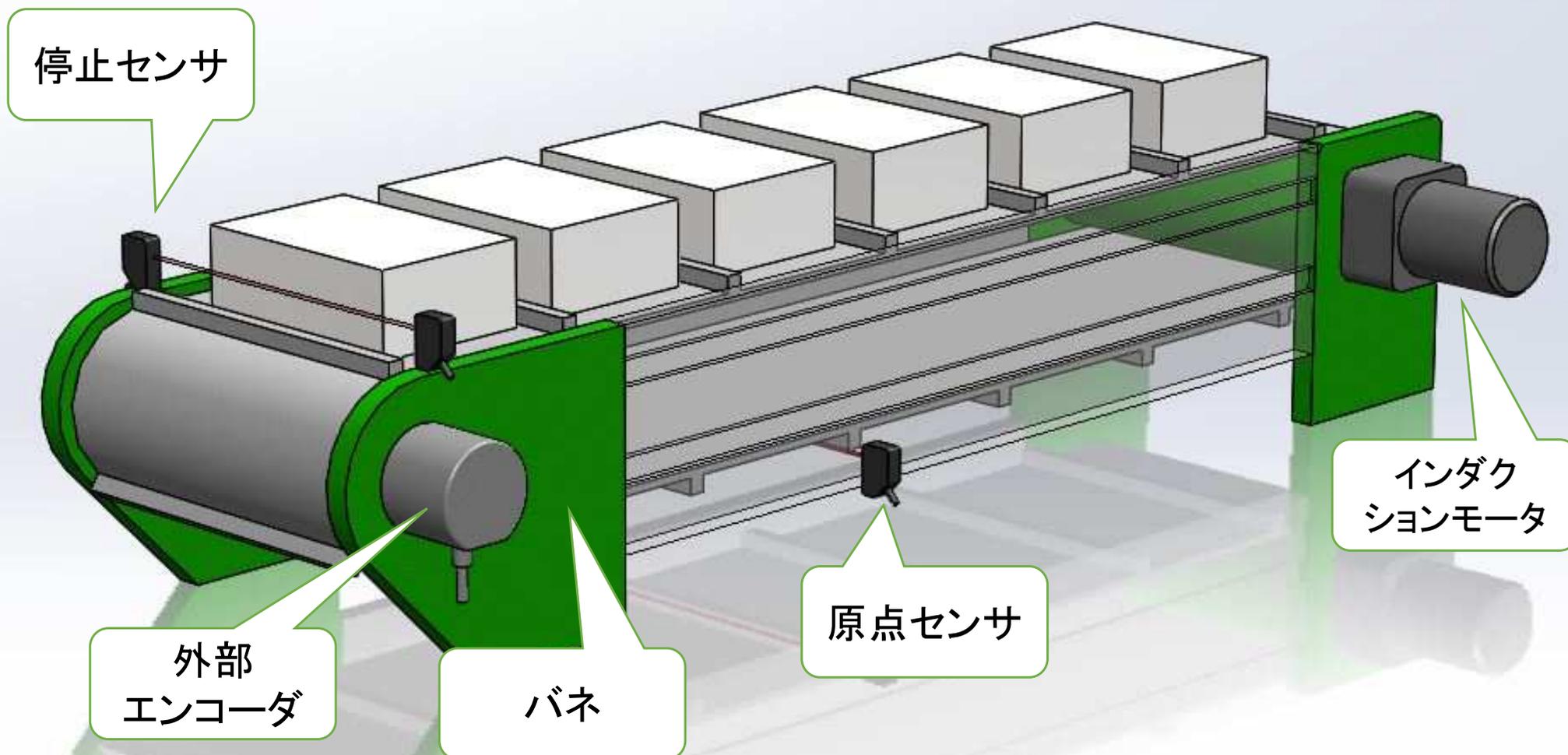
課題2



改善を加えた機械が稼働を始めて2年が経過しました。順調に動いていたと思われていたが、不良率が数週間前から微小ながら増えてきました。



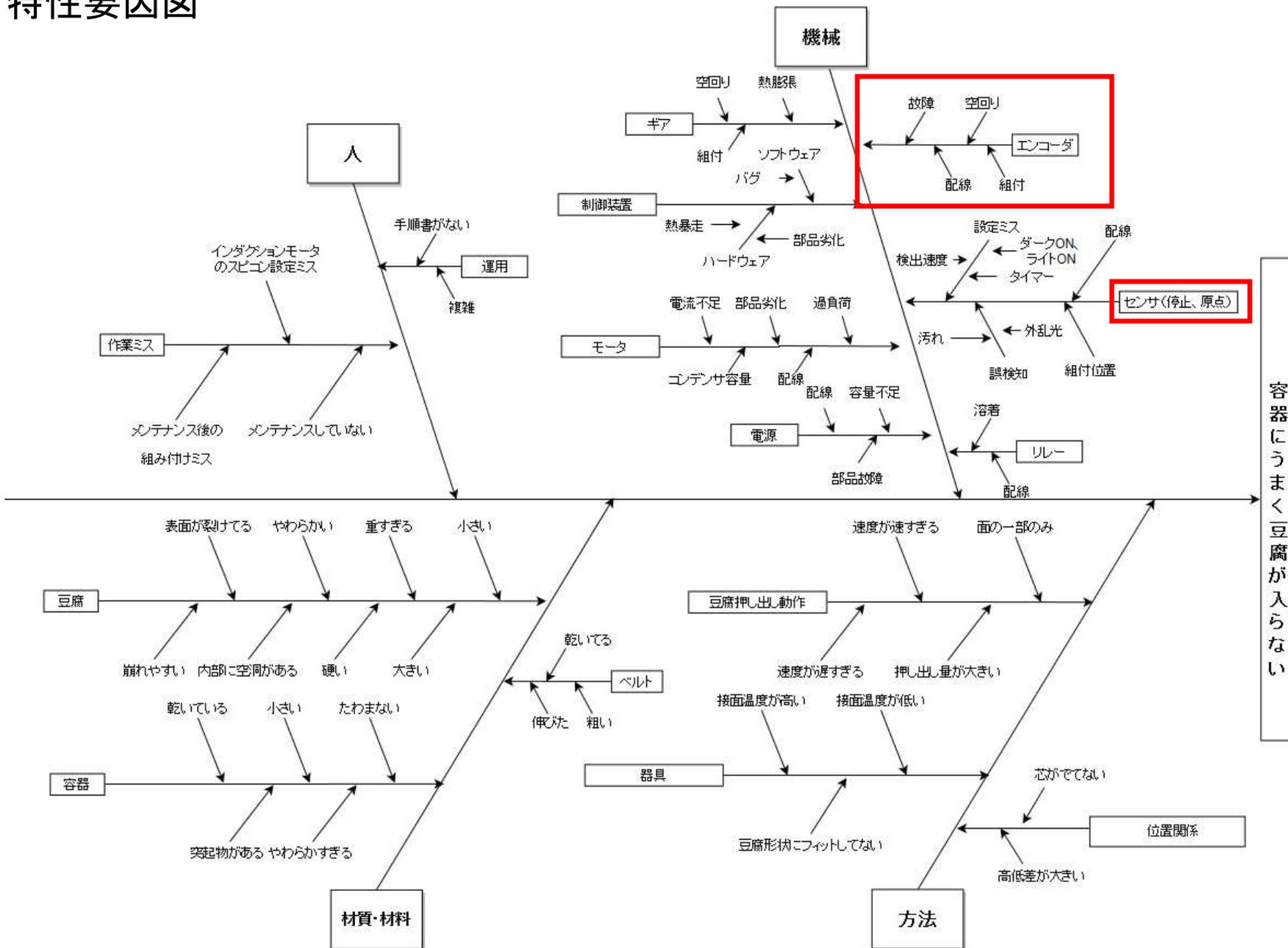
特性要因図に変更点を追記しましょう



では、特性要因図を書いてみましょう！

課題2(回答例)

特性要因図



課題3



改善を加えた機械が稼働を始めて2年が経過しました。順調に動いていたと思われていましたが、不良率が数週間前から微小ながら増えてきました。

「装置としても改善して問題なく生産できていたのになぜだろう・・・」
担当者も頭を悩ませています。

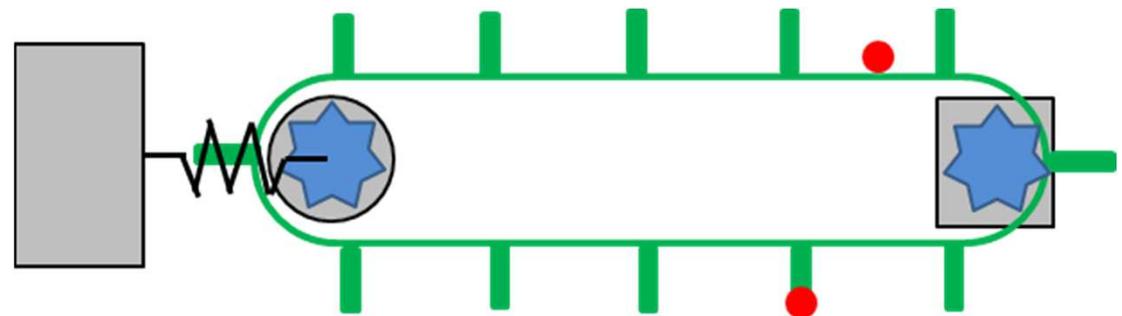
「そうだ！ 取れそうなデータを取ってみて解析したら、何か見えるかもしれない！」
ということで、設置できそうな範囲でデータを収集してみました。

取得データ

1. 外部エンコーダ速度(rpm)
2. 停止センサ(ON/OFF)
3. モータトルク(N/m²)
4. 原点センサ(ON/OFF)
5. モータ温度(°C)
6. ギア温度(°C)

条件

- ・ 装置サイクルタイム: 5s
- ・ データ取得間隔: 10ms
- ・ 100サイクル分のデータ取得



課題3



データを収集したら、機器によってフォーマットが異なり
同じ軸で分析できません。



データクレンジングを行ってみましょう

課題3

データを収集したら、機器によってフォーマットが異なり
同じ軸で分析できません。



マージしたいが、
各ファイルにヘッダー



分析しにくい！

1分毎に新規ファイル作成

名前	更新日時	種類	サイズ
LogKensa_20170907_070101_0000FA1A.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_070421_0000FA1B.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	186 KB
LogKensa_20170907_070741_0000FA1C.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_071101_0000FA1D.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_071421_0000FA1E.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_071741_0000FA1F.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_072101_0000FA20.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_072421_0000FA21.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_072741_0000FA22.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_073101_0000FA23.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_073421_0000FA24.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_073741_0000FA25.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_074101_0000FA26.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_074421_0000FA27.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_074741_0000FA28.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_075101_0000FA29.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_075421_0000FA2A.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_075741_0000FA2B.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_080101_0000FA2C.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_080421_0000FA2D.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_080741_0000FA2E.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_081101_0000FA2F.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_081421_0000FA30.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_081741_0000FA31.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_082101_0000FA32.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_082421_0000FA33.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	184 KB
LogKensa_20170907_082741_0000FA34.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_083101_0000FA35.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	183 KB
LogKensa_20170907_083421_0000FA36.TXT	2017/09/11 14:33	テキスト・ドキュメント	184 KB

```

LogKensa_20170907_070101_0000FA1A.TXT - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
[LOGGING]          RCPU_1  2      3
DATETIME[YYYY/MM/DD hh:mm:ss.sss]
TIME (UTC+09:00)          INTERVAL[us]

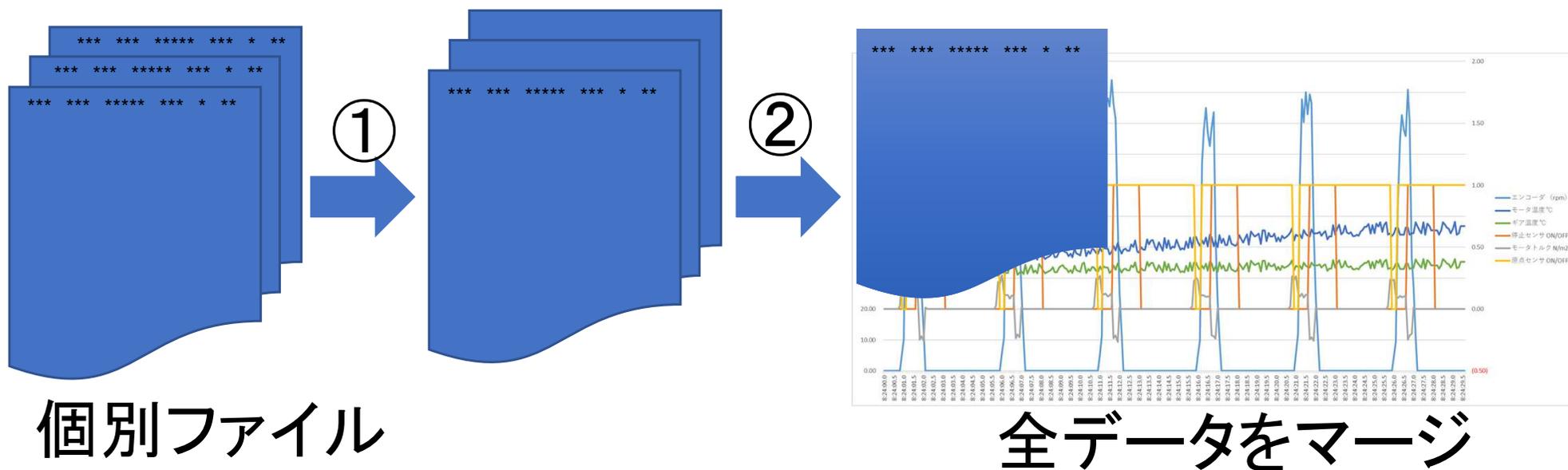
2017/09/06 17:57:41.363 200100 9240001
2017/09/06 17:57:41.563 200000 9240002
2017/09/06 17:57:41.763 199900 9240003
2017/09/06 17:57:41.963 200000 9240004
2017/09/06 17:57:42.163 200000 9240005
2017/09/06 17:57:42.363 200000 9240006
2017/09/06 17:57:42.563 200100 9240007
2017/09/06 17:57:42.763 199900 9240008
2017/09/06 17:57:42.963 200000 9240009
2017/09/06 17:57:43.163 200000 9240010
2017/09/06 17:57:43.363 200100 9240011
2017/09/06 17:57:43.563 200000 9240012
2017/09/06 17:57:43.763 199900 9240013
  
```

ひとつのデータファイルに
すべてのデータ

課題3

データのクレンジングおよび、複数に分かれたデータファイルを結合する。

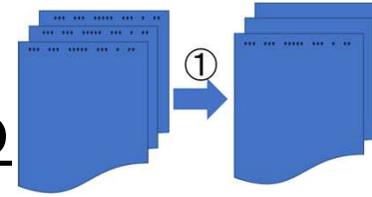
- ①複数ファイルのヘッダーを削除する
- ②複数ファイルを結合する



課題3



①複数ファイルのヘッダーを削除する

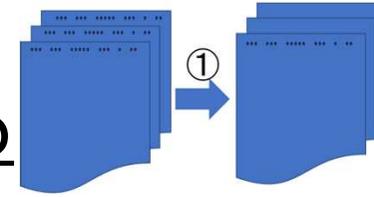


- ・「モータトルクデータA」をダウンロードしましょう
- ・PCに保存したフォルダを確認します
例) D:¥test¥
- ・3つのファイルの中身を見てみましょう
ヘッダーに項目
20sec毎のファイル

課題3



①複数ファイルのヘッダーを削除する

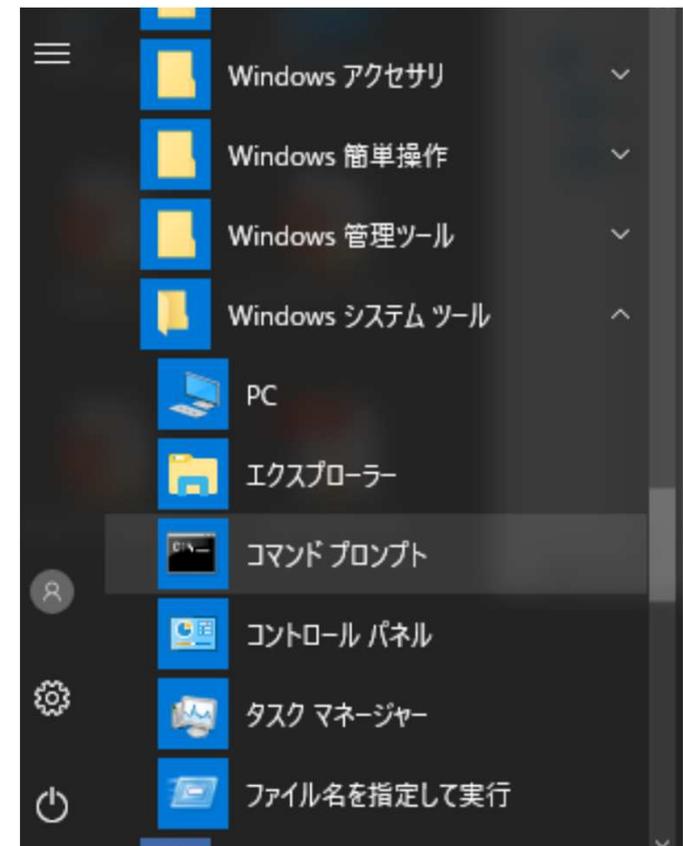


注意！ 誤ったコマンドを実行すると、PCに影響を及ぼす可能性があります。自己責任でお願いします。

- ・コマンドプロンプトを開きます。
- ・データを保存したディレクトリに移動 例) `cd d:¥test¥`

```
コマンドプロンプト
Microsoft Windows [Version 10.0.15063]
(c) 2017 Microsoft Corporation. All rights reserved.

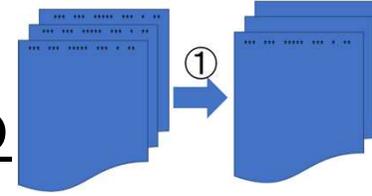
D:¥Users>cd d:¥test¥
d:¥test>_
```



課題3



①複数ファイルのヘッダーを削除する



注意！ 誤ったコマンドを実行すると、PCに影響を及ぼす可能性があります。自己責任でお願いします。

- ・d:¥test¥after のように、「保存先フォルダ」を作成
- ・data_082440.txt のヘッダーを削除するため、
下記コマンドを実行

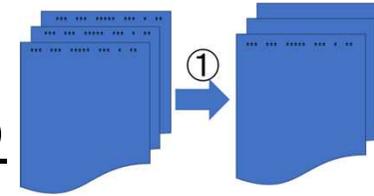
```
FOR /F "skip=1 tokens=* usebackq" %i IN ("D:¥test¥data_082440.txt") DO @echo %i>> "D:¥test¥after¥data_082440_a.txt"
```

ここは、各自PCの保存先によって、書き換えてください。
(Command.TXTを参考に)

課題3



①複数ファイルのヘッダーを削除する



注意！誤ったコマンドを実行すると、PCに影響を及ぼす可能性があります。自己責任でお願いします。

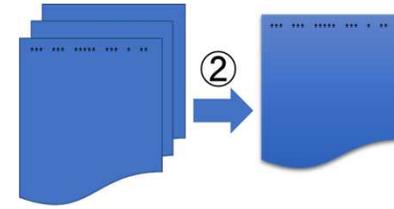
- ・d:¥test¥after のファイルを確認
一行目が削除されている
- ・data_082500.txt のヘッダーを削除するため、
下記コマンドを実行

```
FOR /F "skip=1 tokens=* usebackq" %i IN ("D:¥test¥data_082500.txt") DO @echo %i>> "D:¥test¥after¥data_082500_a.txt"
```

課題3



②複数ファイルを結合する



注意！ 誤ったコマンドを実行すると、PCに影響を及ぼす可能性があります。自己責任でお願いします。

- ・ data_082420.txtをd:¥test¥afterへコピーし、data_082420_a.txtに変更

- ・ 保存先フォルダへ移動

 - 例) cd d:¥test¥after

- ・ すべてのファイルを結合する

type *.txt > all_data.txt

を実行

```
d:¥test>cd after
d:¥test¥after>type *.txt > all_data.txt
data_082400_a.txt

data_082420_a.txt

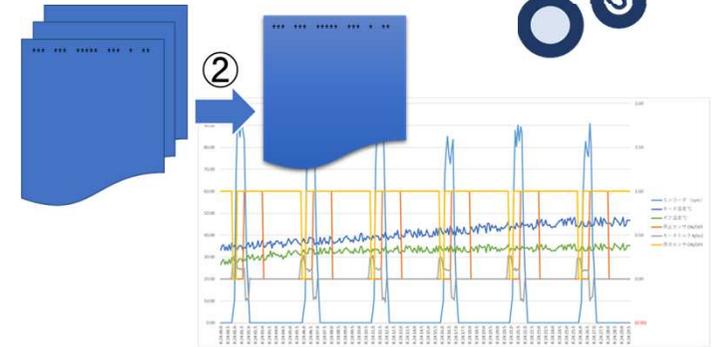
data_082500_a.txt

d:¥test¥after>_
```

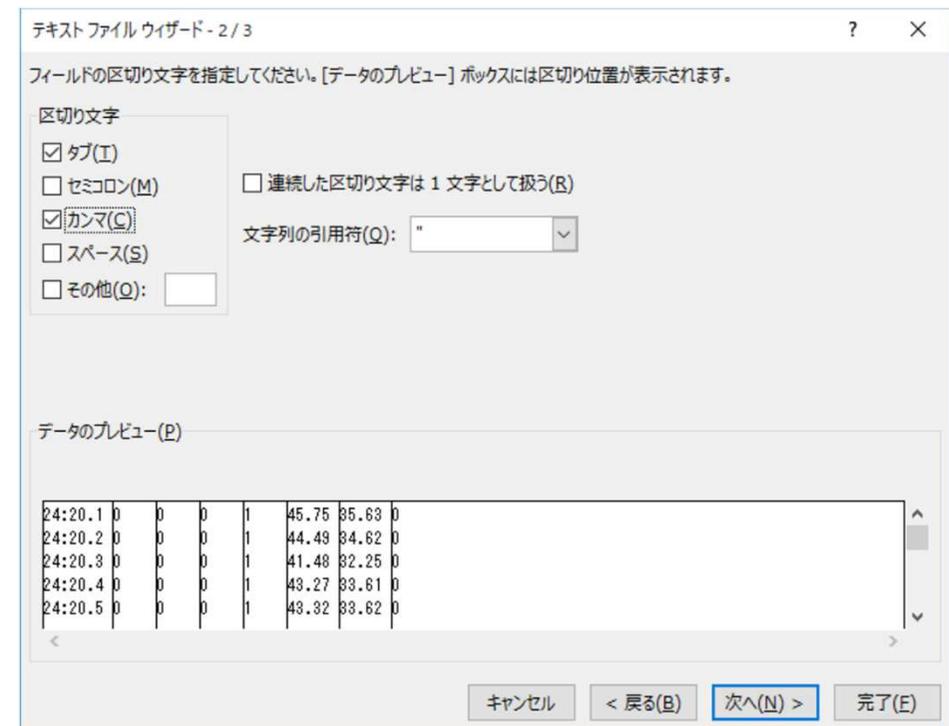
課題3



②複数ファイルを結合する



- ・all_data.txtが結合されていることを確認
- ・エクセルでall_data.txtを開いてみる



課題4 相関分析

不良原因を特定するために、マージしたデータで相関分析を行う。

・温度とモータトルクのデータで相関分析を行ってみましょう



課題4 相関分析

不良原因を特定するために、マージしたデータで相関分析を行う。

・「モータトルクデータB」をダウンロードして、
エクセルで確認しましょう。

tofu data before.csv 立ち上げ当初
tofu data after.csv 不具合発生時

課題4 相関分析



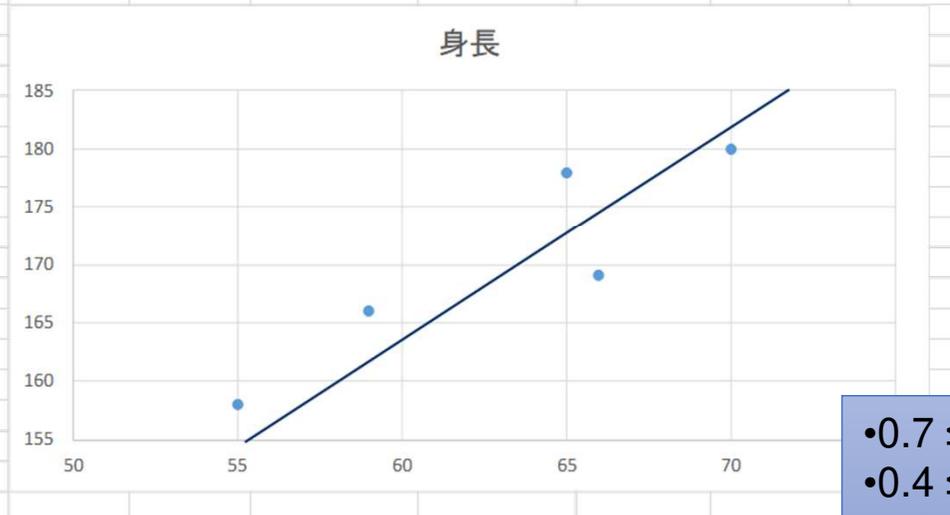
●相関係数を調べる方法

	体重	身長	平均との偏差 (体重)	平均との偏差 (身長)	偏差の2乗 (体重)	偏差の2乗 (身長)	偏差の積
	65	178	2	7.8	4	60.84	15.6
	66	169	3	-1.2	9	1.44	-3.6
	59	166	-4	-4.2	16	17.64	16.8
	70	180	7	9.8	49	96.04	68.6
	55	158	-8	-12.2	64	148.84	97.6
平均	63	170.2		合計	142	324.8	195
CORREL(D5:D9,E5:E9) 相関係数		0.907993			J10/SQRT(H10*I10)		0.907993

分散

共分散

共分散
それぞれの標準偏差



- $0.7 \leq |r|$ 強い相関あり
- $0.4 \leq |r| < 0.7$ 中程度の相関あり
- $0.2 \leq |r| < 0.4$ 弱い相関あり
- $|r| < 0.2$ ほとんど相関なし

課題4 相関分析



温度データとモータトルクの相関によりモータ劣化を分析

・相関係数を計算しましょう

不具合発生後のデータに対し、
いずれかのセルに、下記の関数を記入
温度データとトルクデータの範囲を指定

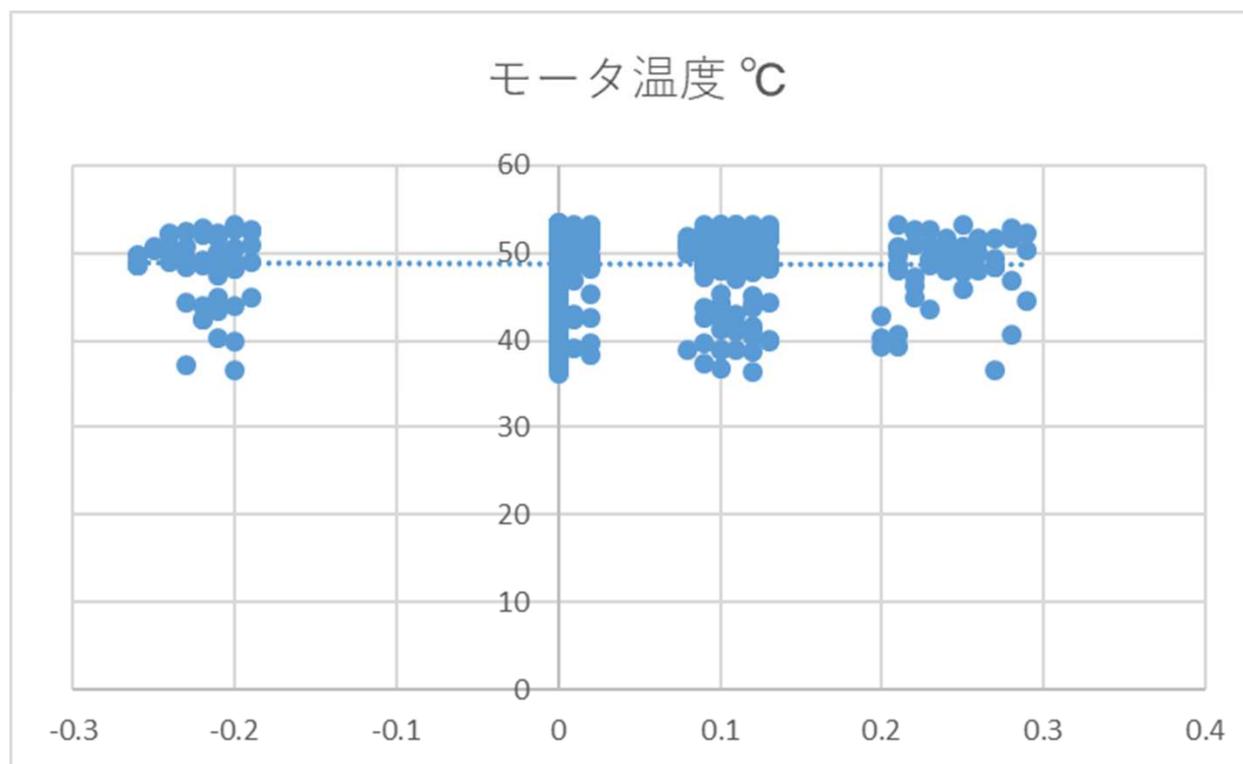
=CORREL(D3:D1000,F3:F1000)

課題4 相関分析



温度データとモータトルクの相関によりモータ劣化を分析

・ $r = -0.00174$ 相関無し



課題4 相関分析



モータ温度データとギア温度の相関を分析

・いずれかのセルに、下記を記入
モータ温度データとギア温度データの範
囲を指定

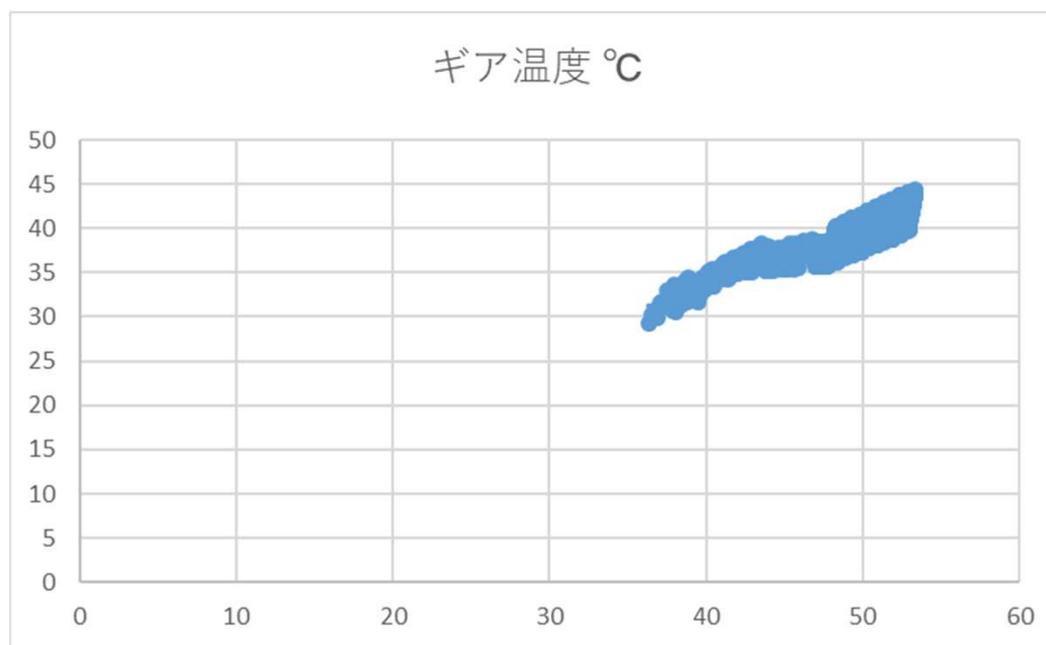
=CORREL(F3:F1000,G3:G1000)

課題4 相関分析



モータ温度データとギア温度の相関を分析

・ $r=0.869207$ 相関は高いが。。



課題5 時系列分析



不良原因を特定するために、データを時系列で分析しましょう

・立ち上げ時と不良増加時のデータを、時系列で比較する

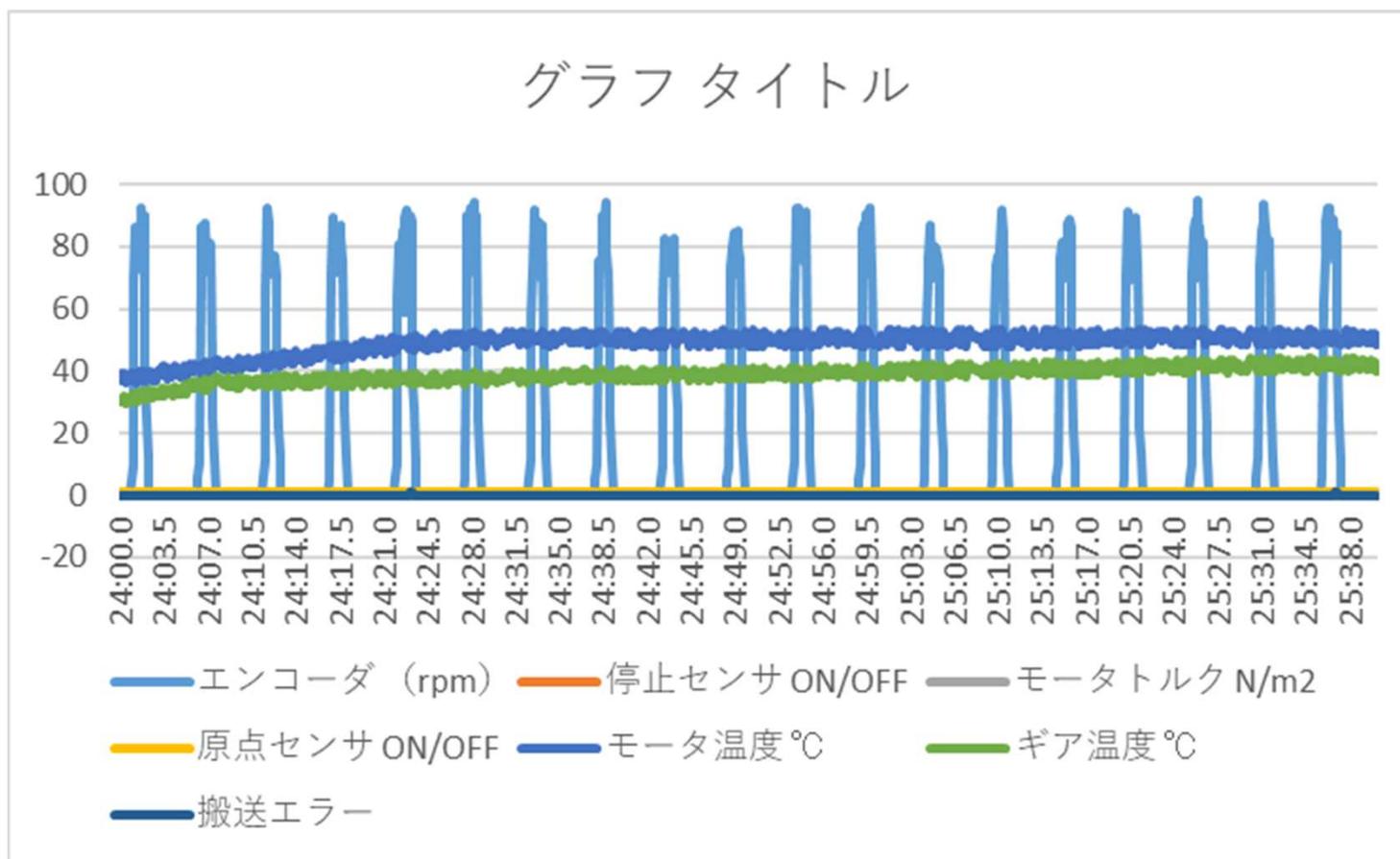


課題5 時系列分析



すべてのデータを時系列で分析しましょう

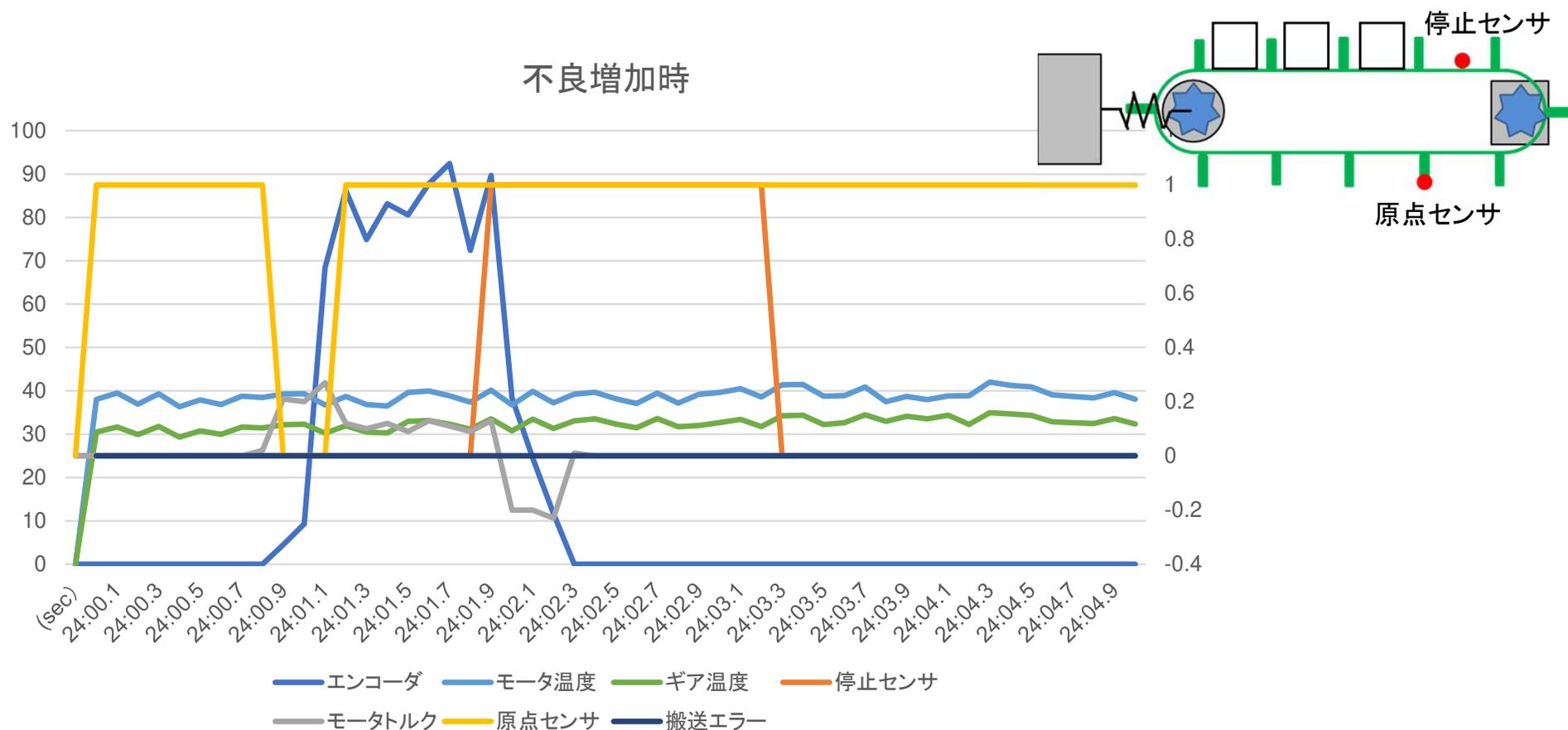
不良増加時データを時系列で見る



課題5 時系列分析

すべてのデータを時系列で分析しましょう

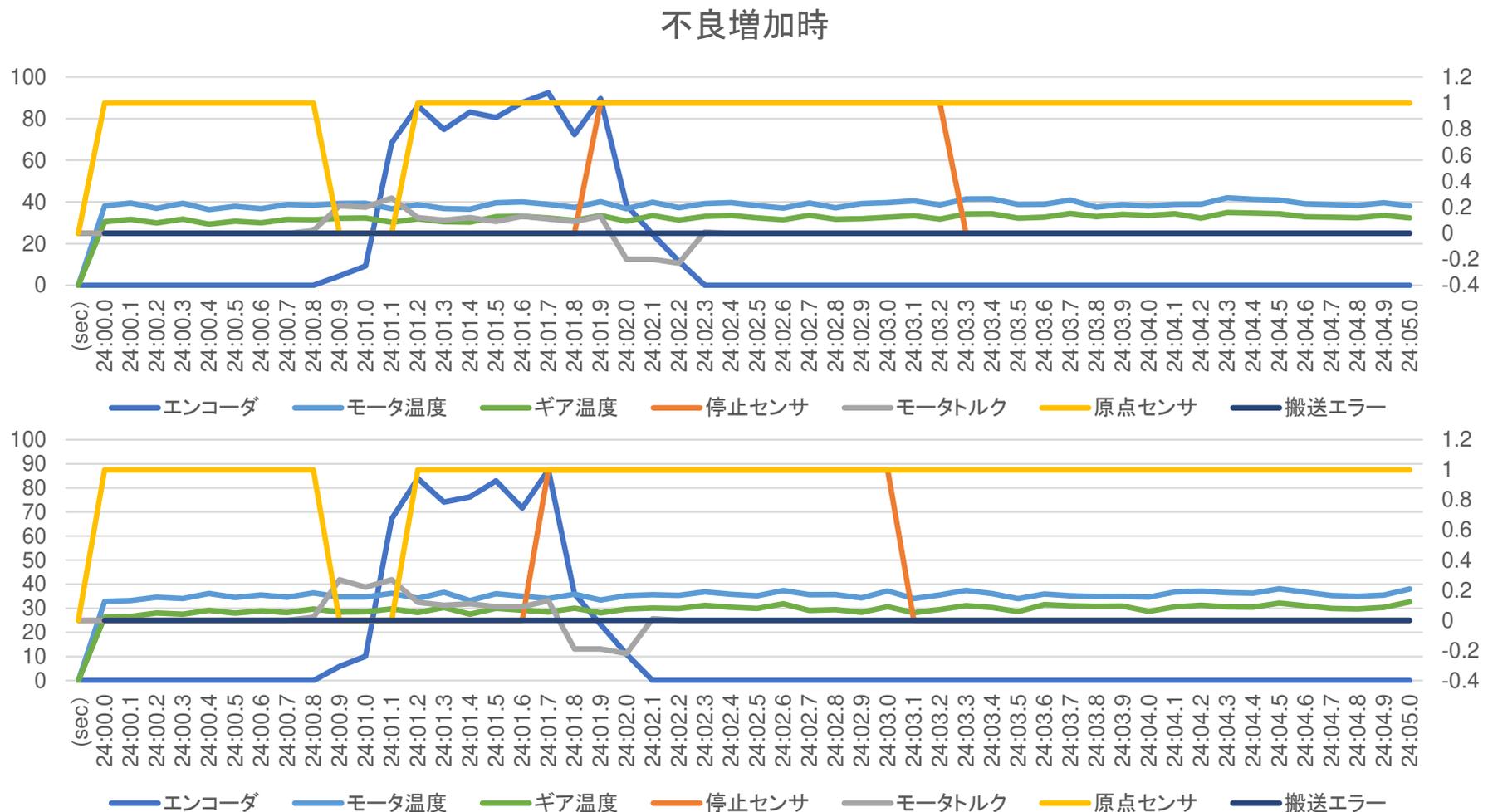
不良時データを1サイクル(5sec)で見る



課題5 時系列分析



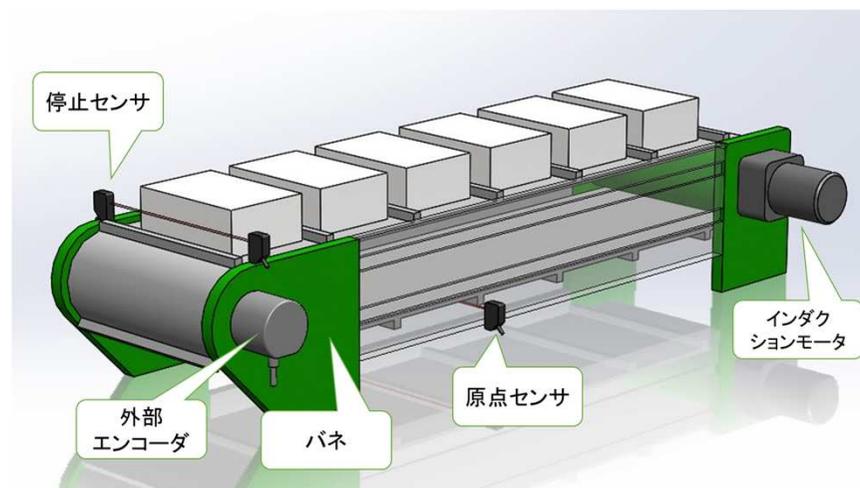
・立ち上げ当初データと不具合増加時データを1サイクル比較



課題5 時系列分析

1サイクルのデータを時系列で分析しましょう

データの違いとその原因を考えてみましょう



最後に



・大量のデータを分析してみる

・ラインや設備を作ったら終わり、
や問題が出たら対処する、だけではなく

・見える化したら、KPIとして決められた時間、
決められた人が確認していくことが重要

・だれが対処するかを明確にする

本教材利用上の注意事項

本教材の著作権は、厚生労働省に帰属します。
詳細については、下記の利用規約をご確認ください。
<https://www.mhlw.go.jp/chosakuken/index.html>