

問題解決すごろくと 身近な例

2022年6月16日（木）

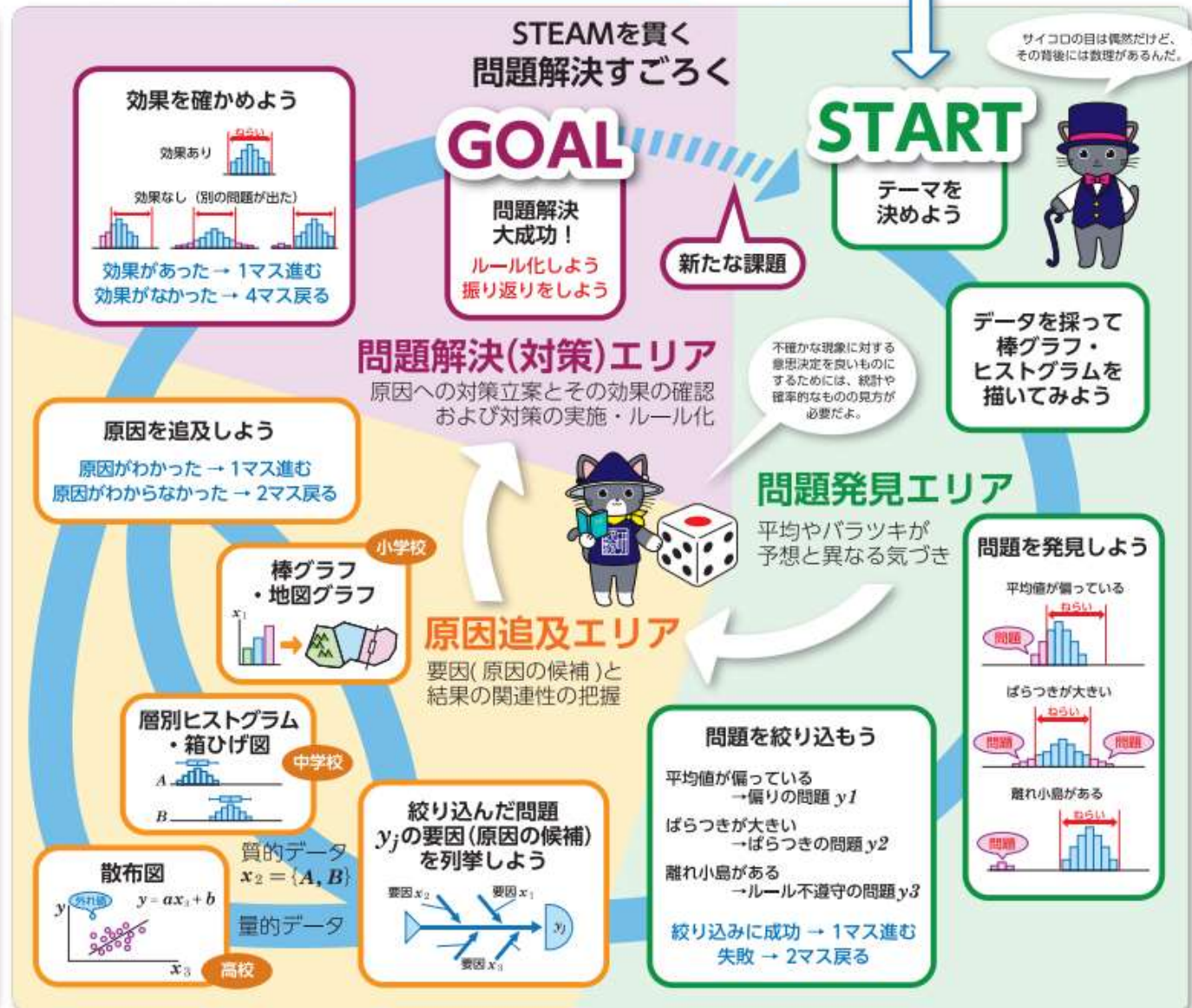
～新学習指導要領とSTEAM教育が創り出す～ 「社会に活かす統計の考え方」 シンポジウム

東京学芸大学 先端教育人材育成推進機構
山下 雅代

社会に活かす統計の考え方

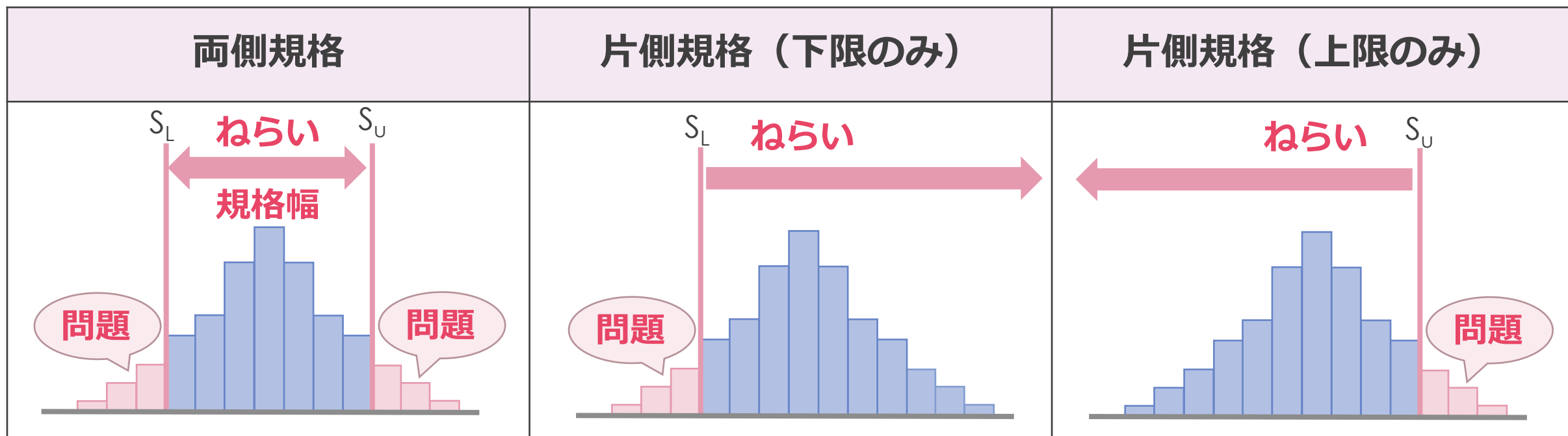
デジタル社会に求められる
データへのリテラシー(素養)

データに基づき
社会問題を解決するプロセス

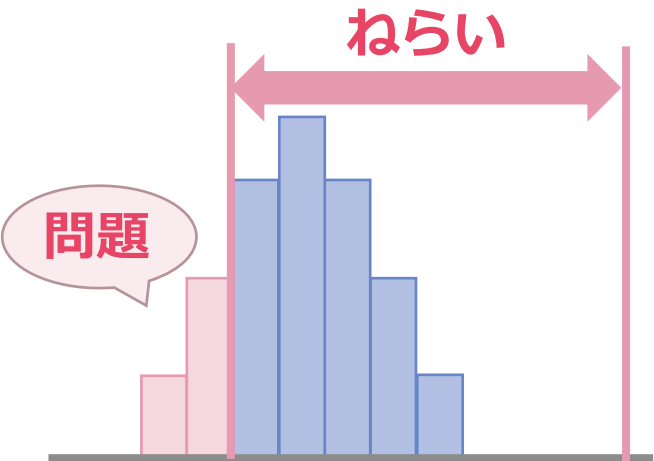
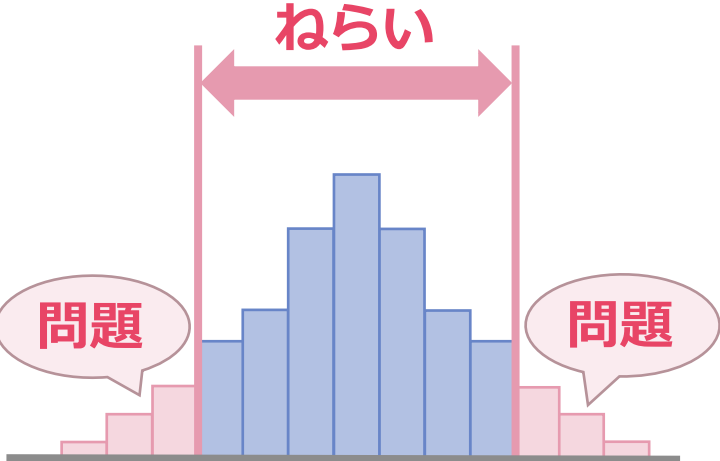
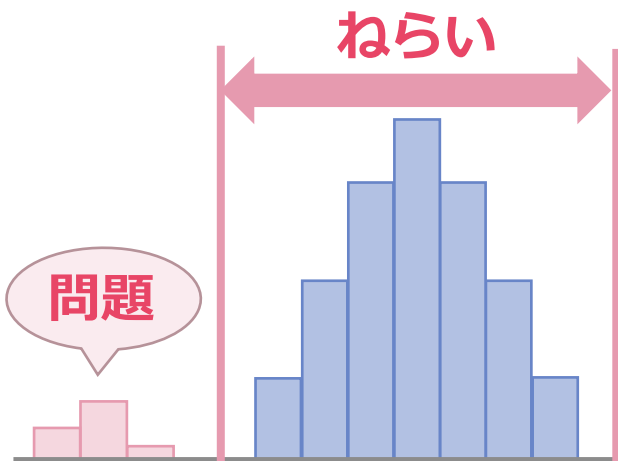


規格値

- ユーザーニーズによって決まった品質を保証しうる範囲を示すもの
- 上限規格値 (S_U)、下限規格値 (S_L) の2つがある
- 上限規格値と下限規格値の範囲の外に出る製品は、市場に出荷してはいけない不適合品 (→問題) となる



ねらい（規格値）と3つの問題のタイプ

		
平均が偏っている ばらつきは問題ないが 平均値に偏りがあり、 ルール（標準）に問題があると 考えられる	ばらつきが大きい ばらつきが大きく、 ルール（標準）に問題があると 考えられる	離れ小島がある ルール（標準）を守っていないもの が、離れ小島として現れ、問題 となると考えられる

パッティング機を用いた問題解決の実践例

テーマ

何回転がしても、60cm転がるように
する[2]

- 実験日：2012年5月11日～5月17日
- 目標値 = 60cm
- 上限規格値 (S_U) = 65(cm)
- 下限規格値 (S_L) = 55(cm) とした

機材の提供[1]：

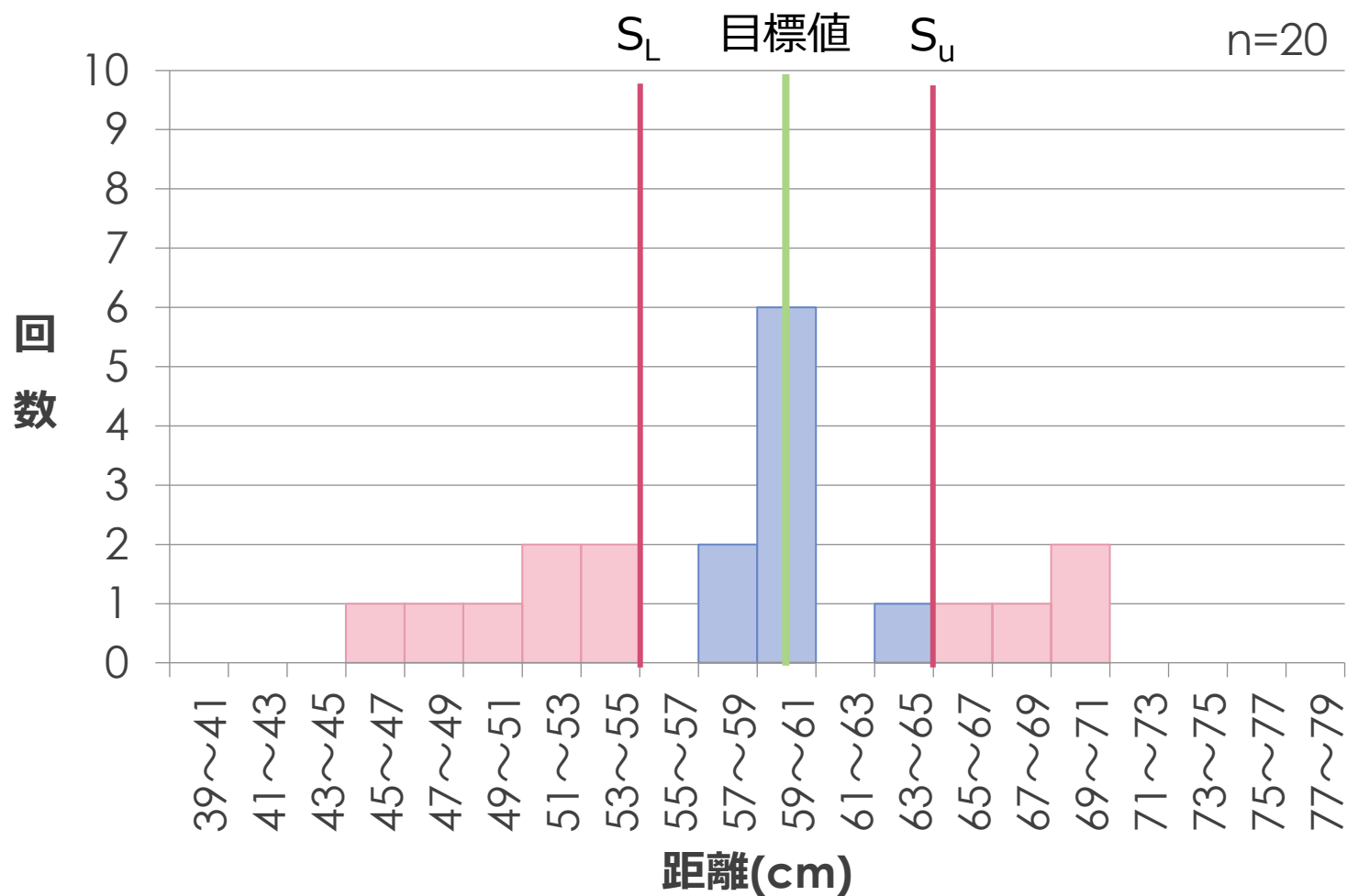
日本品質管理学会 関西支部
品質管理教育教材開発研究会



[1]品質管理学会関西支部教育教材開発研究会：「品質管理教育教材研究会記録教材開発及び研修での利用－研究の終了にあたって－」 <http://www.ec.kansai-u.ac.jp/user/arakit/documents/%E6%95%99%E6%9D%90%E9%96%8B%E7%99%BA%E7%A0%94%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf>

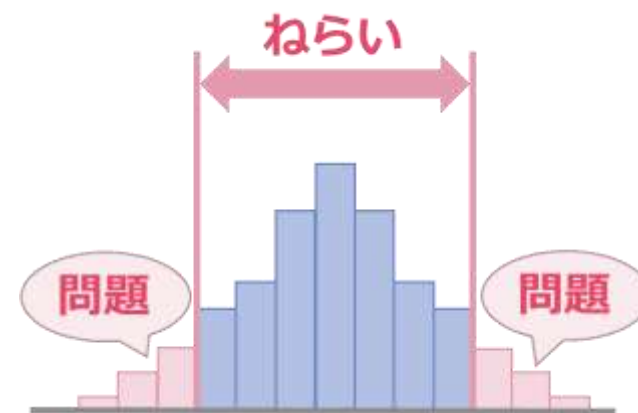
[2]林宏樹・稲葉太一・荒木孝治(2012)：“「教室内で体験できる！データの採取から分析まで」シミュレーション器材（パッティング機）を用いたデータの分析教育実践報告”，統計数理研究所共同研究レポート272 統計教育実践研究 第4巻，pp.120-125

問題発見：感覚で試行した時のヒストグラム



<問題発見>

ばらつきの問題 y_2



<気が付いたこと>

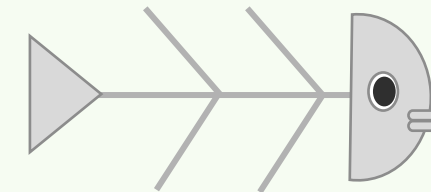
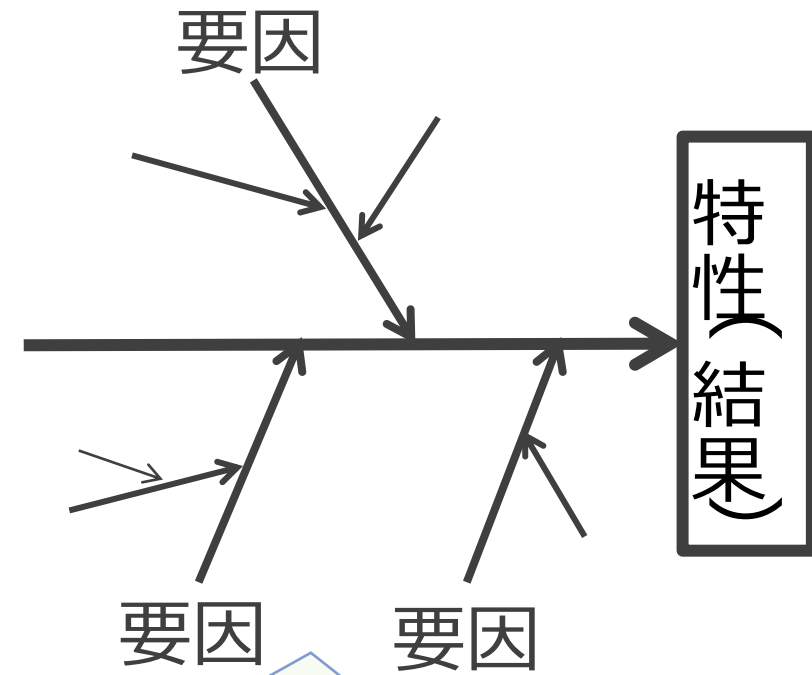
- 振り上げ高さによって距離が変わる
- ねじの締め方が強すぎると距離が短くなる
- ねじの締め方が緩すぎるとまっすぐ転がらない など



特性要因図とは

[3]石川馨（1989）：『第3版 品質管理入門 B編』，日科技連

- 特性とは
何かをした結果
- 要因とは
結果に及ぼすと考えられる原因は たくさん考えられるが、この原因の中で検討の対象として取り上げられる原因の候補のこと
- 特性要因図とは
結果に及ぼす原因の候補を系統的に整理し、因果関係の仮説を一目でわかるようにした図

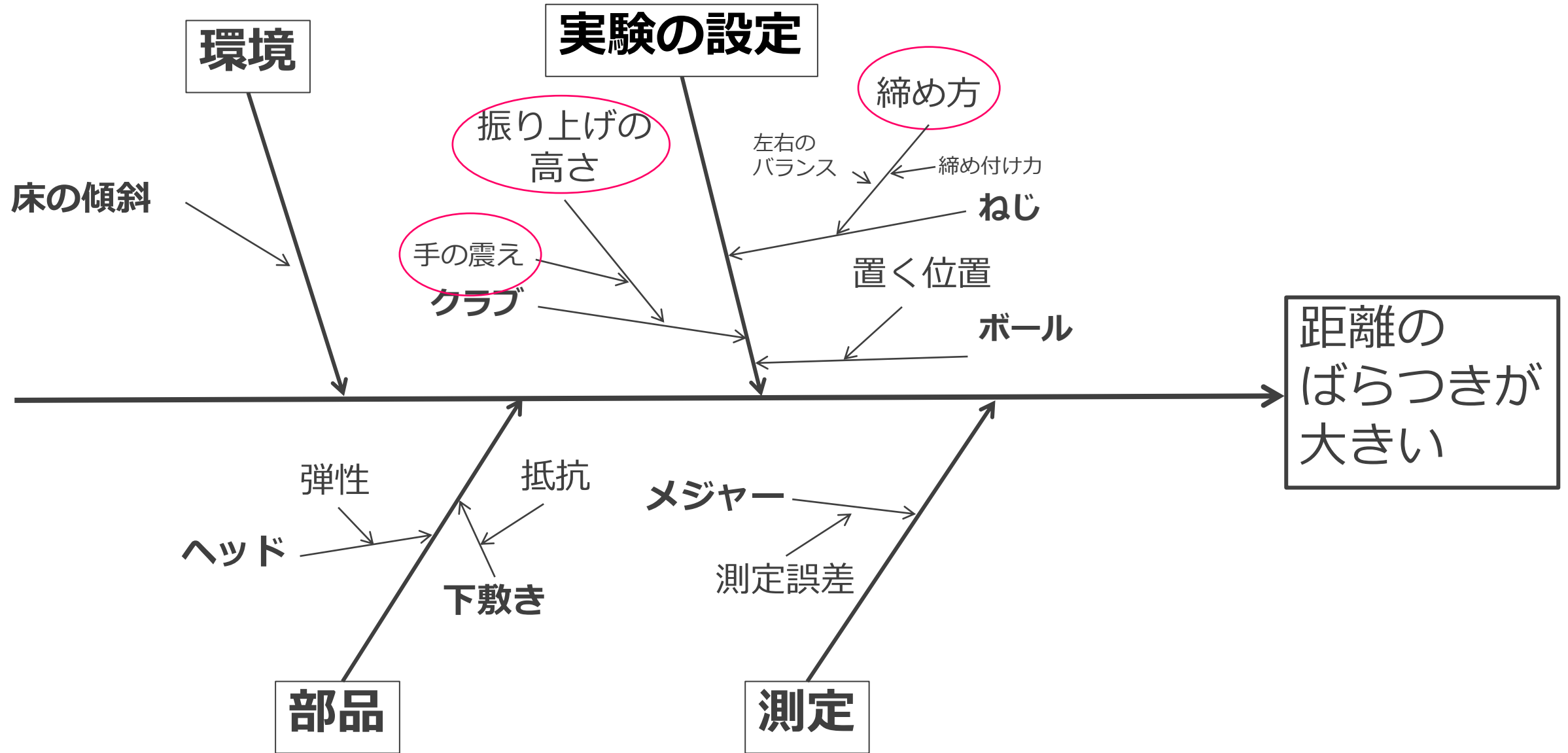


フィッシュボーン図
と呼ばれることも

ポイント：要因をできるだけ網羅する

- 複数人で作る
- しっかり現状把握や調査をする

特性要因図



ねじの締め方のルール化



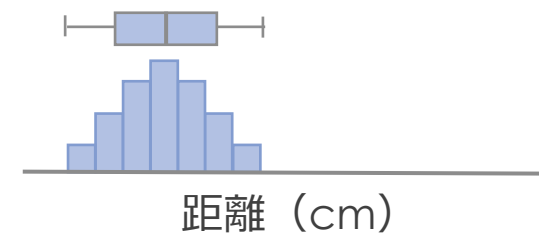
<イメージ>

仮にデータを取ったとすると

層別ヒストグラム ・箱ひげ図

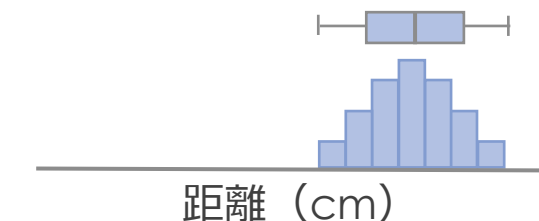
<条件A>

左：一巻き・右：一巻き

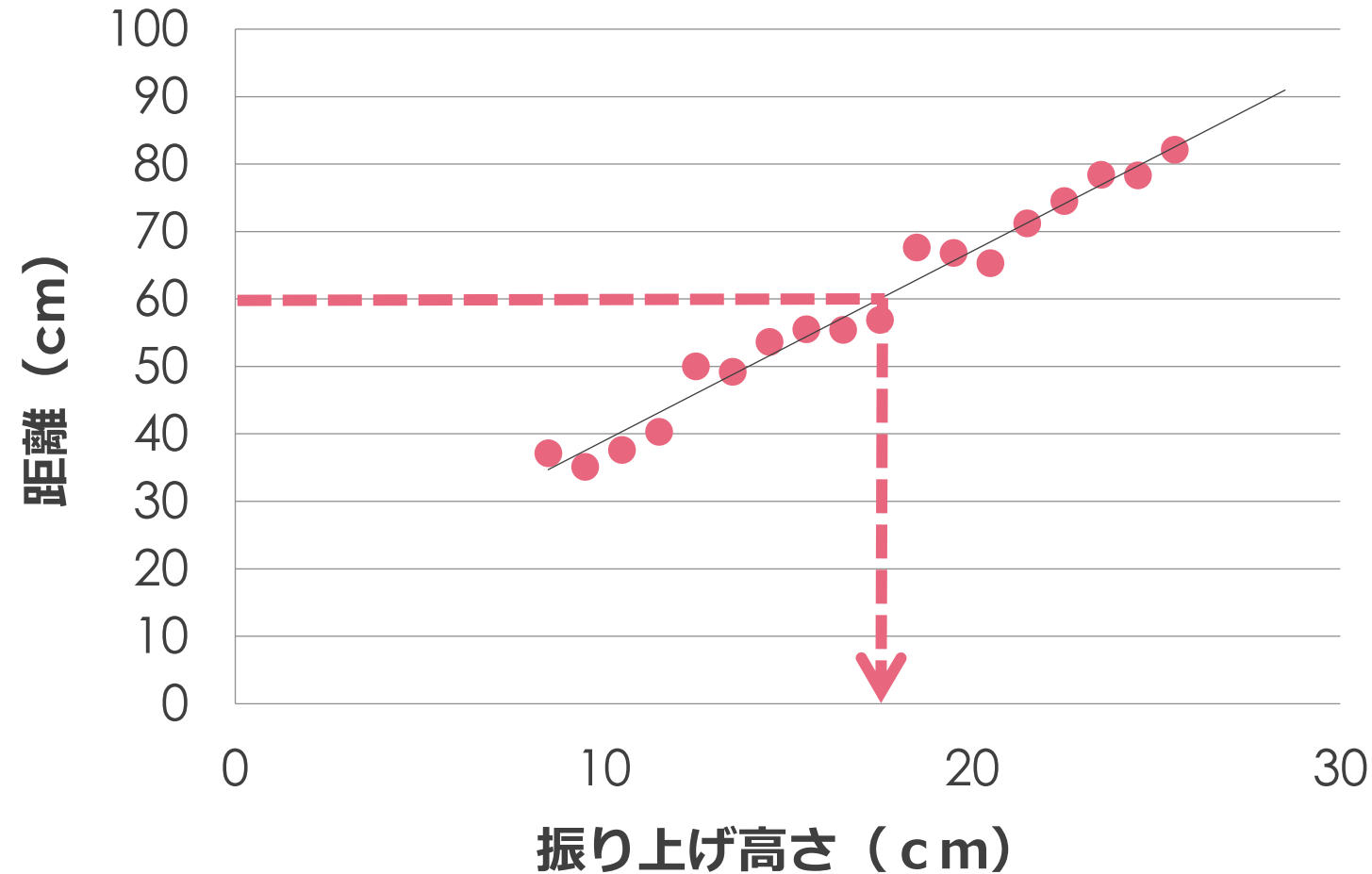


<条件B>

左：半巻き・右：一巻き



振り上げ高さと距離の関係



$$y = 2.8141x + 10.765$$
$$R^2 = 0.9745$$



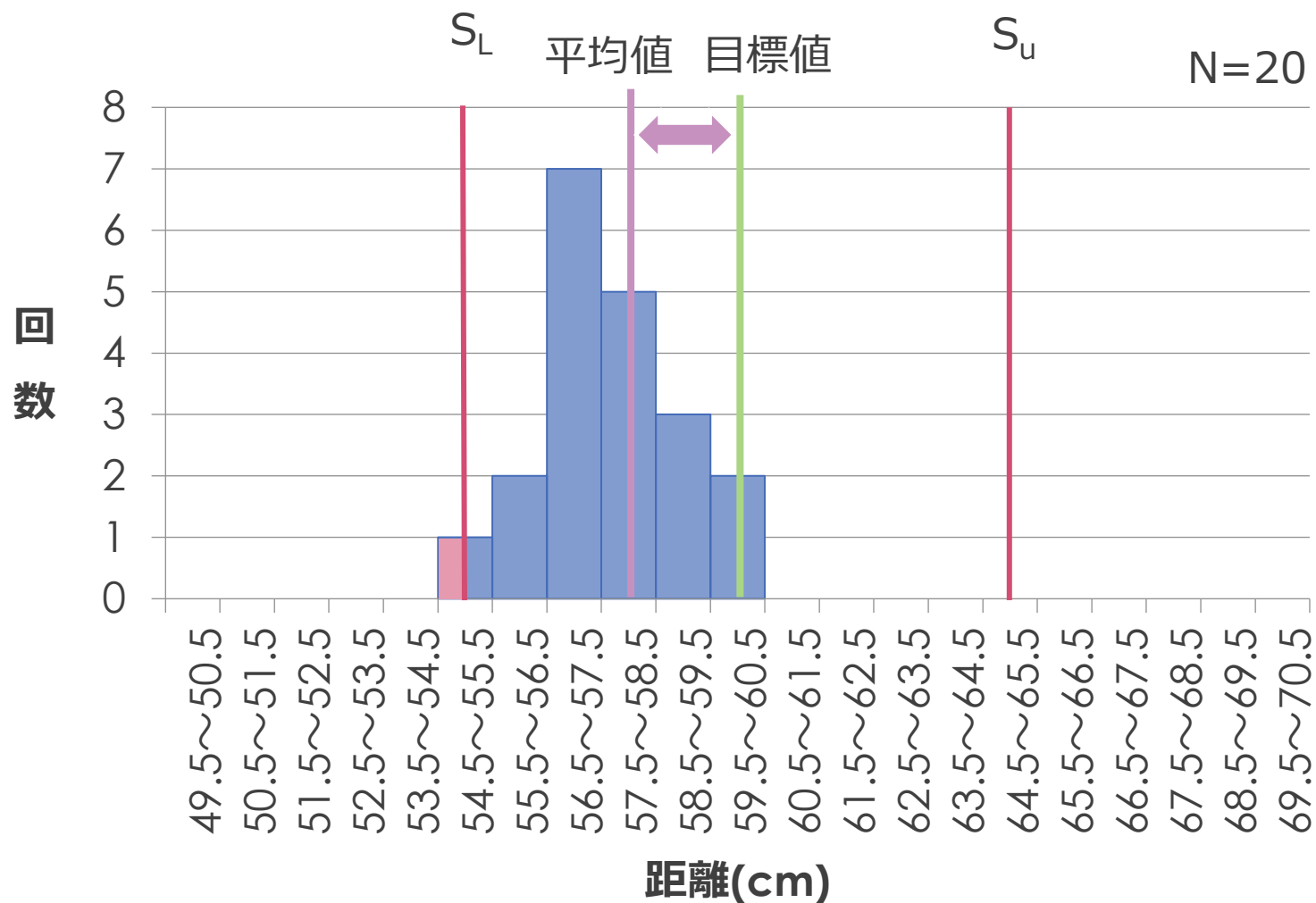
60cmとばすための
高さは、
17.5cm

対策：ねじの締め方をきめ、
高さを17.5cmに設定し、実験

手の震えの
影響が
出ないように
定規を使用



効果の確認：高さを17.5 cmに決めた後のヒストグラム



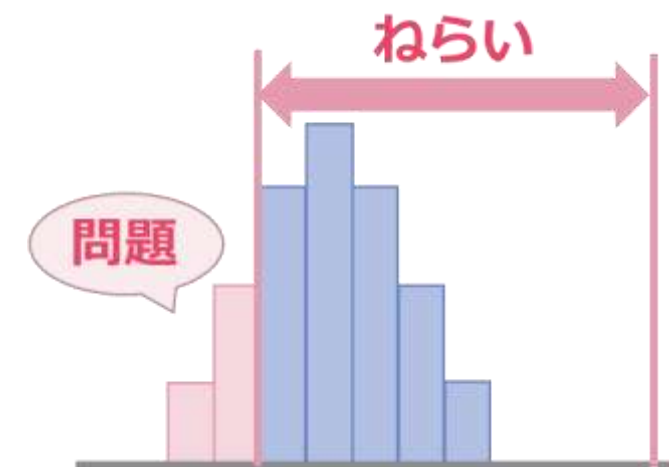
上限規格値 (S_U) = 65cm
 下限規格値 (S_L) = 55cm

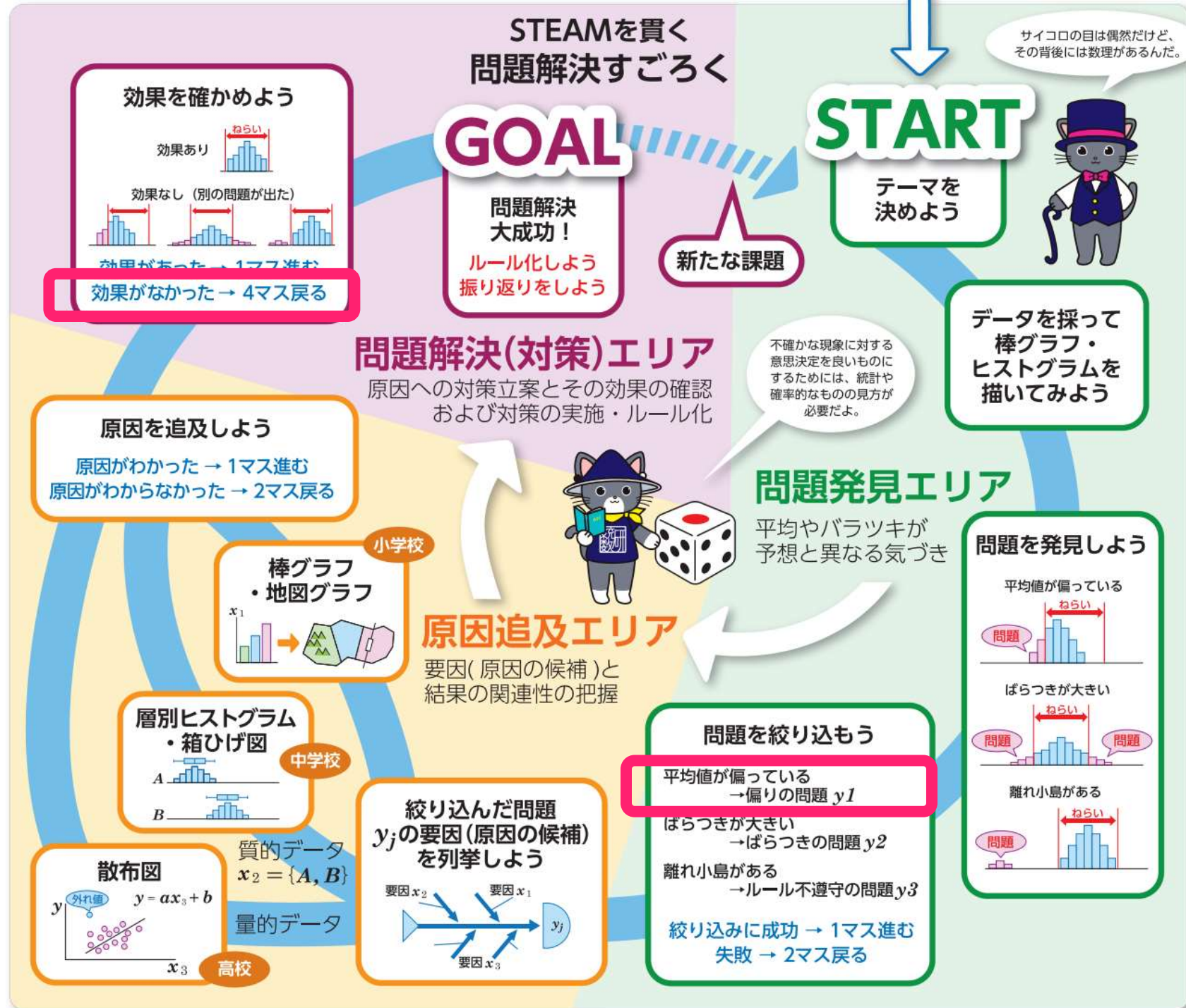
ばらつきは改善

しかし

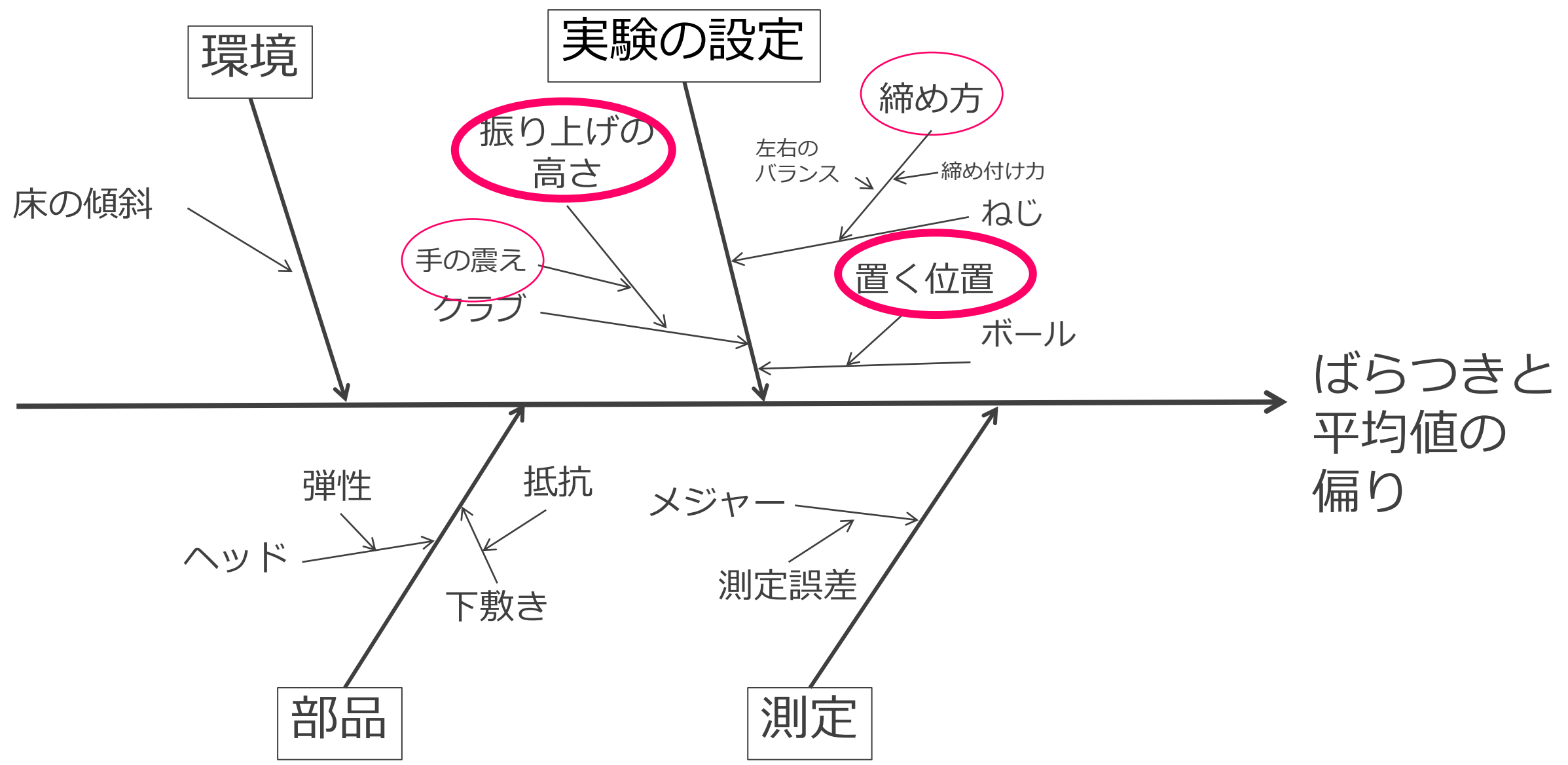
別の問題が発生

偏りの問題 y_1



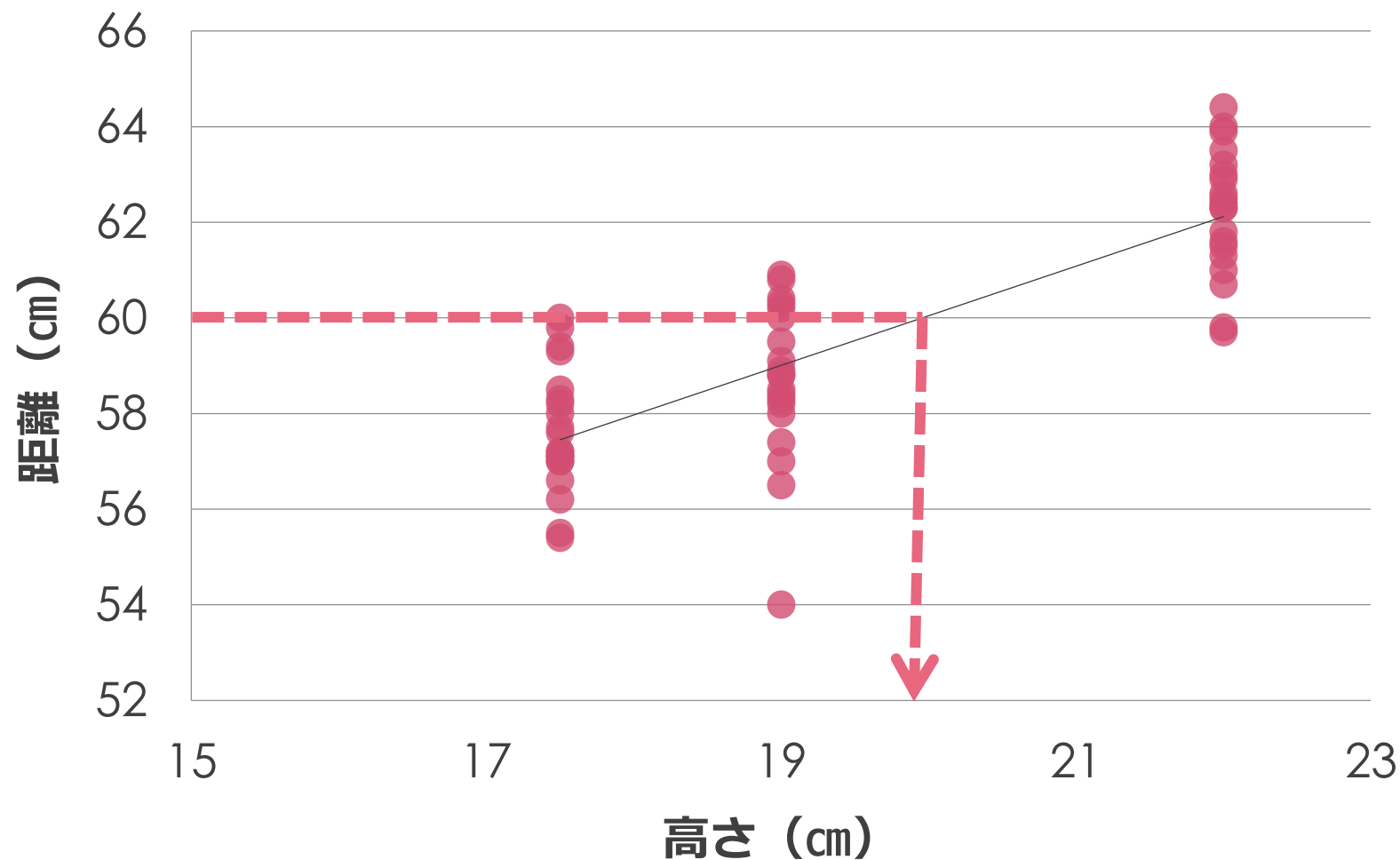


特性要因図



振り上げの高さの調節

手の震えの影響が出ないように、右図の装置を使用し、ボールを置く位置を決定した後、測定



$$y = 1.0371x + 39.301$$
$$R^2 = 0.6534$$



60 cmとばすための高さは、
20.0cm

対策

- 振り上げの高さは、**20.0cm** 水準変更
- ねじの締め方は、図の通り
- ボールを置く位置は、中央より手前側に少し寄せる 因子の追加

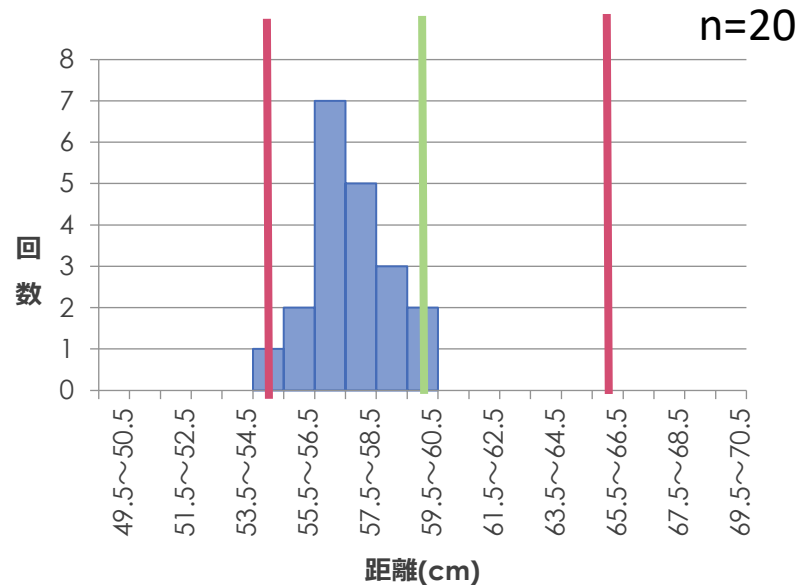


図：ネジの締め方

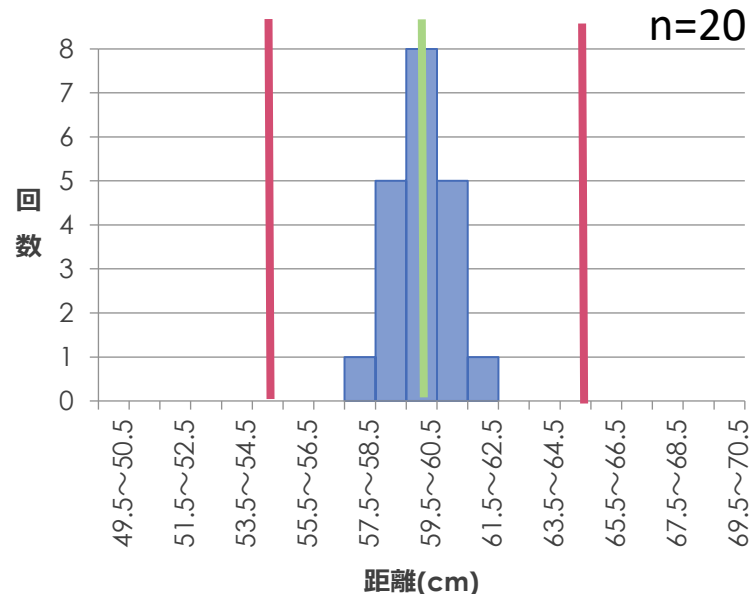


図：ボールの位置

効果の確認



対策前(高さ17.5cm)のヒストグラム



対策後(高さ20cm・ボールの置く場所を決めた)のヒストグラム

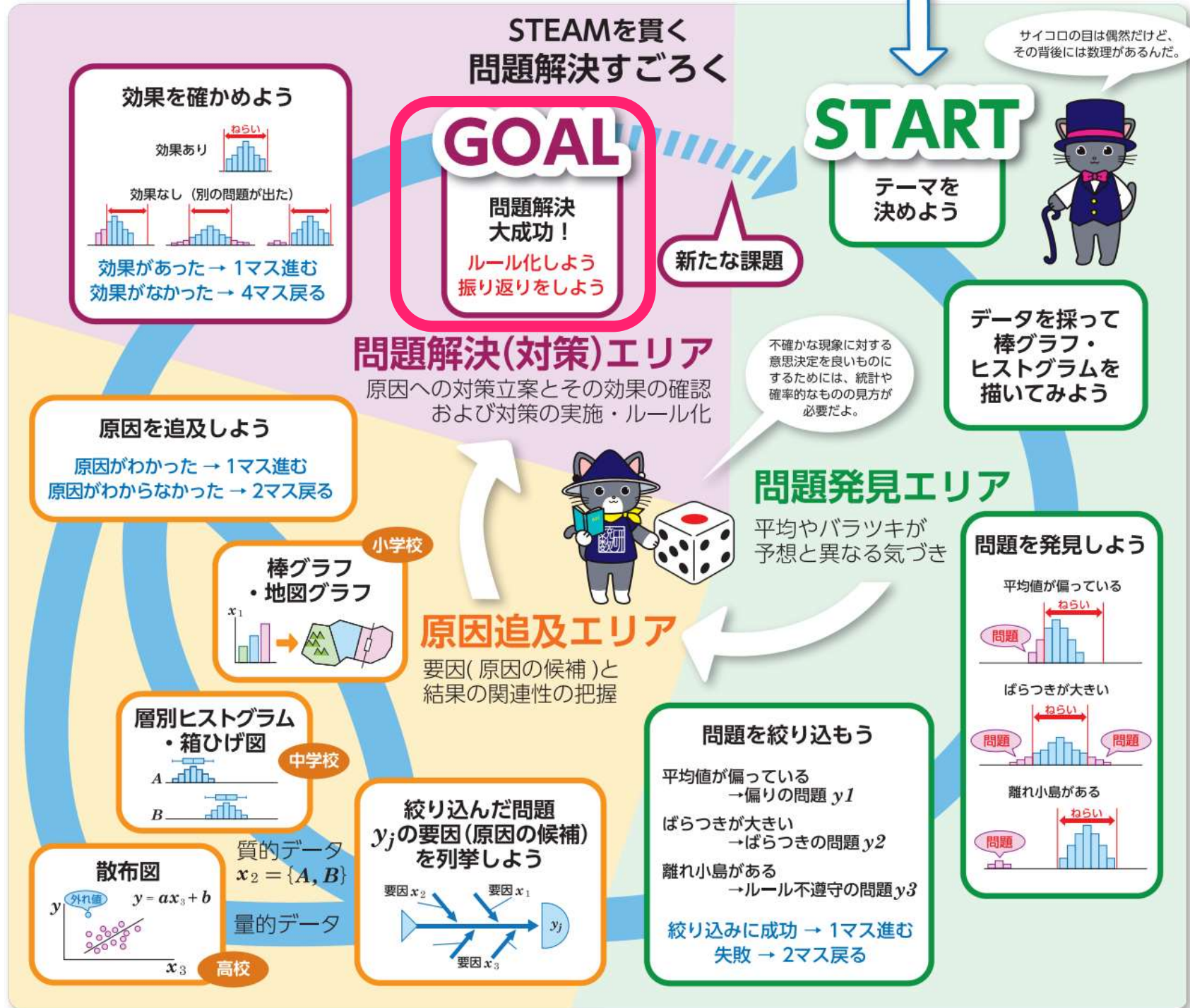
	対策前	対策後
平均	57.7	59.9
標準偏差	1.30	0.94

水準変更の効果
(高さ17.5cm→20cm)

因子の追加の効果
(ボールの置く場所)

偏り → 改善
ばらつき → 改善

問題解決大成功！



ルール化

- 振り上げの高さは、20.0cm
- ねじの締め方は、図の通り
- ボールを置く位置は、中央より手前側に少し寄せる

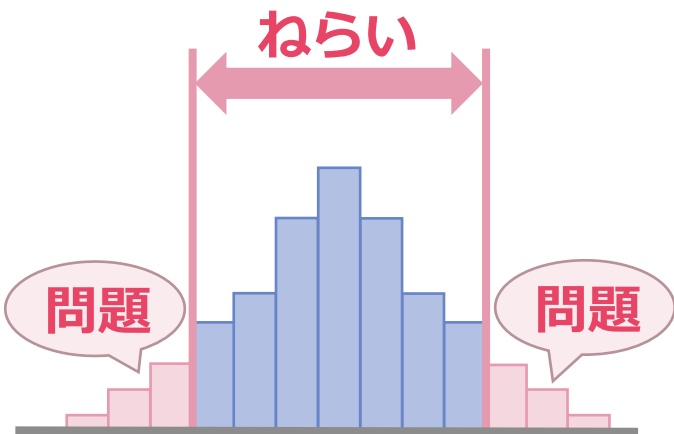
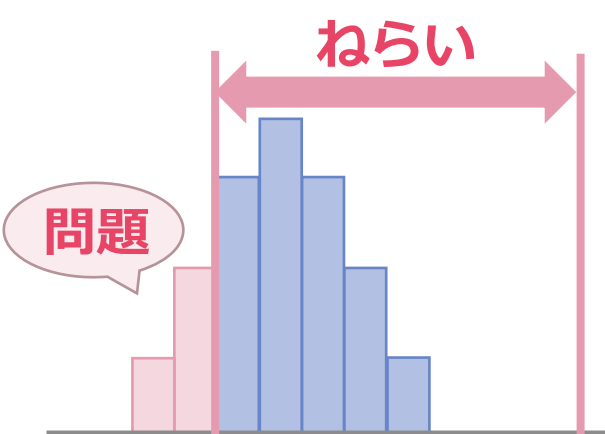
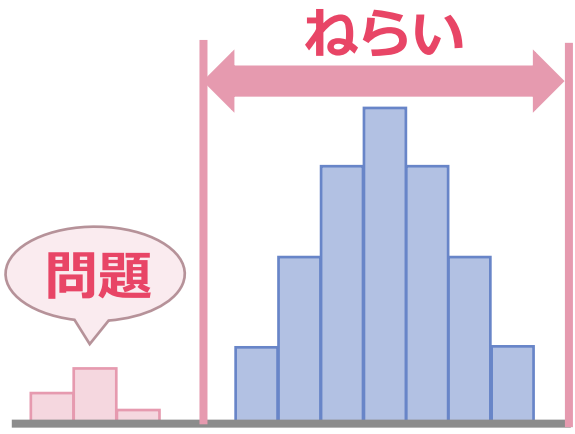


図：ねじの締め方

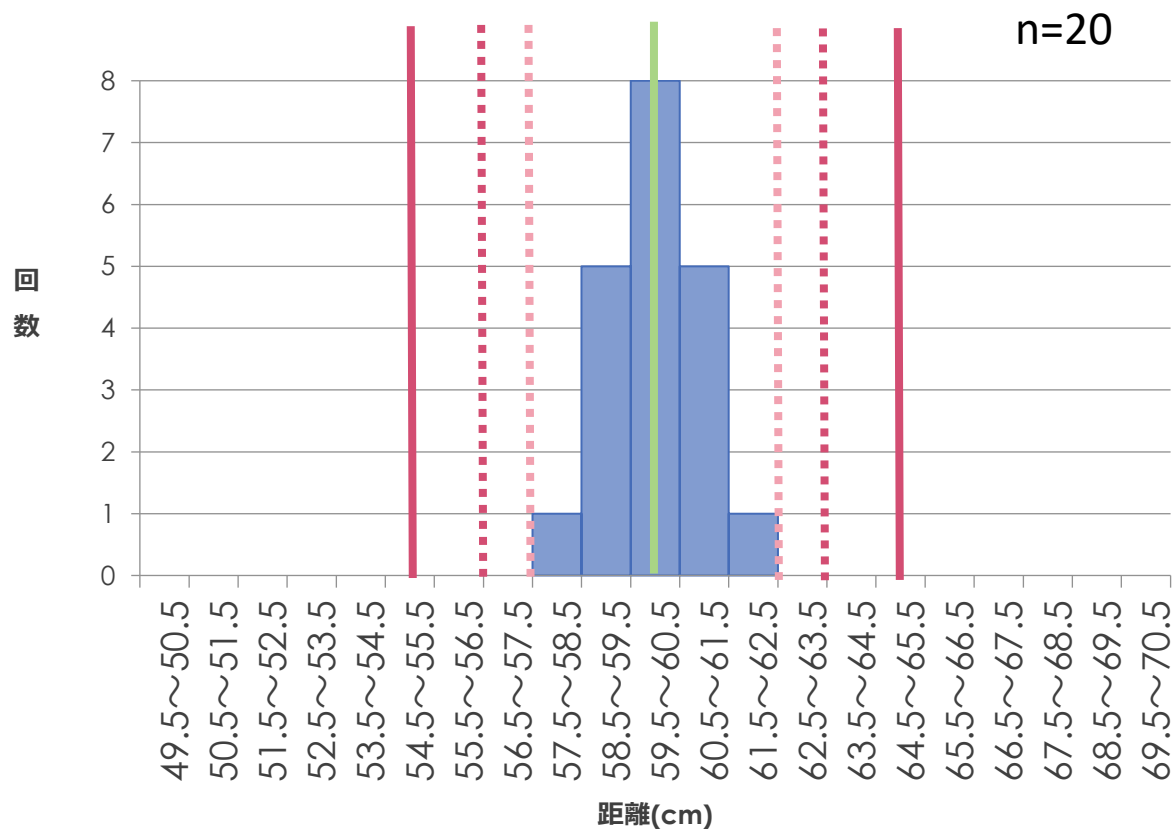


図：ボールの位置

ねらい = 規格値と3つのタイプへの振り返り

ばらつきが大きい ばらつきが大きく、 標準（ルール）に問題があると 考えられる	平均が偏っている 平均値に偏りがあり、 ルール（標準）に問題があると 考えられる	ルール（標準）を 守らないと 離れ小島がでる
		
↓ ルール（標準）に重要な 因子が含まれていない	↓ ルール（標準）の 設定水準（数値）を変更	↓ ルール（標準）を守って いるか確認

振り返り2



対策後のヒストグラム

- ばらつきと偏りの問題は解決した
- ねらいの幅（規格幅）をもっと厳しい条件に変えたとき、ばらつきの制御は十分と言えるのか？
- 試行回数を1000回に増やしたとき、ねらいを外れるものが出てこないか？



工程能力指数

工程能力指数 C_p とは (Process Capability Index)

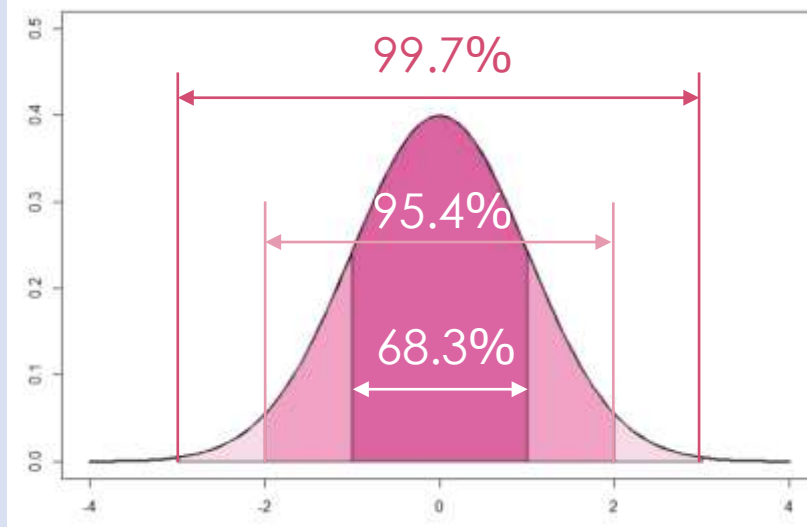
- 工程能力指数とは、工程の平均値、標準偏差とユーザーニーズより定まった規格値とを比較し、工程が規格に対して十分な能力を数値的に把握しようとするものの[5]

$$\text{工程能力指数 } C_p = \frac{S_U - S_L}{6\sigma}$$

工程能力指数の指標[4]

$\pm 4\sigma$	$C_p \geq 1.33$	: 工程能力は十分である
	$1.33 > C_p \geq 1$	: 十分でもないが不足でもない
	$1 > C_p$	: 工程能力は不足している

68 : 95 : 99.7ルール



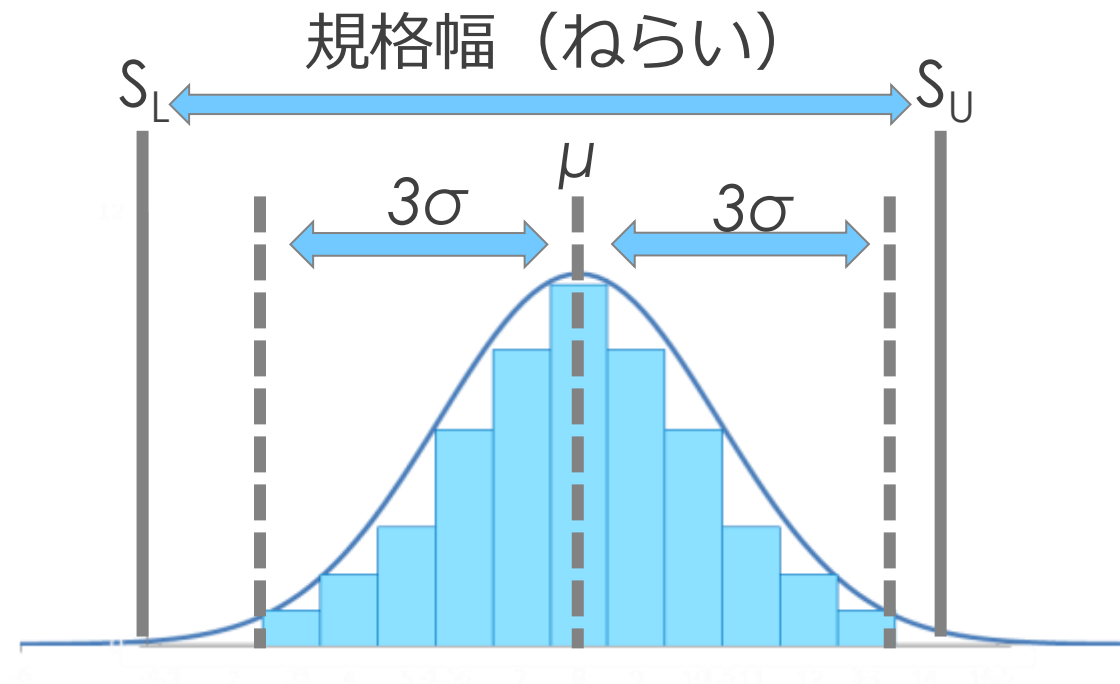
平均値 $\pm \sigma$ の間に全データの68.3%が入る
 平均値 $\pm 2\sigma$ の間に全データの95.4%が入る
 平均値 $\pm 3\sigma$ の間に全データの99.7%が入る

[4] 武川洋三(1989):『品質管理入門』, 筑波書房, pp.117-118

[5] 今里健一郎(2011):『QC七つ道具実践ワークブック』, 秀和システム, pp.48-49

平均値に偏りがある場合 C_{pk}

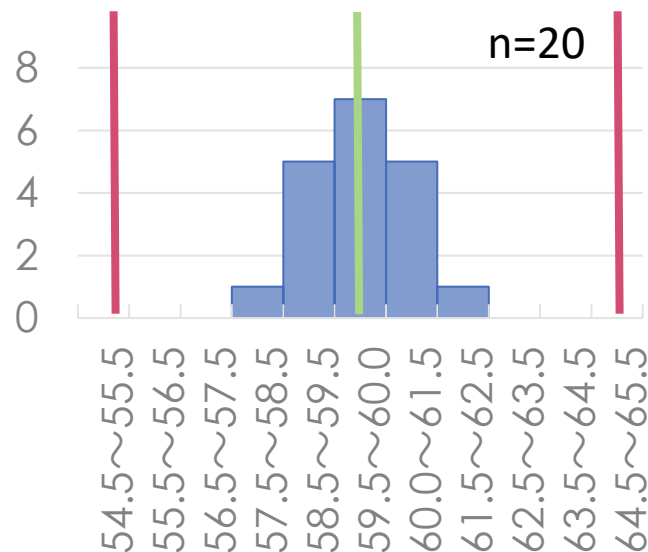
$$C_{Pk} = \min\left(\frac{\mu - S_L}{3\sigma}, \frac{S_U - \mu}{3\sigma}\right)$$



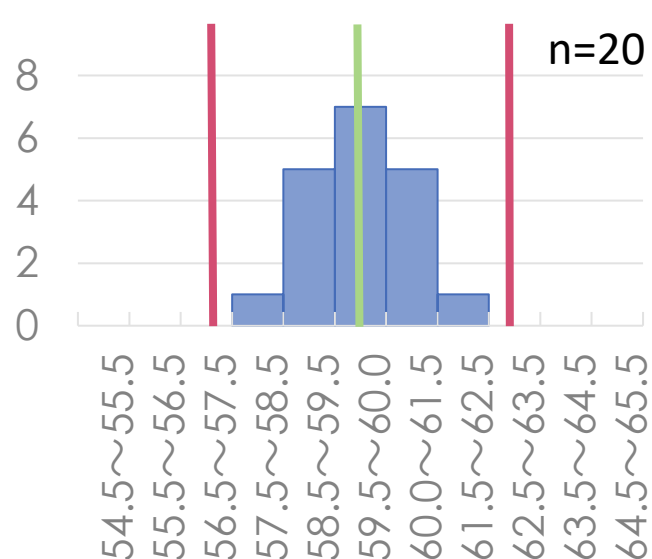
ねらい（規格幅）と工程能力指数

平均：59.9 SD：0.96（注：√不偏分散）

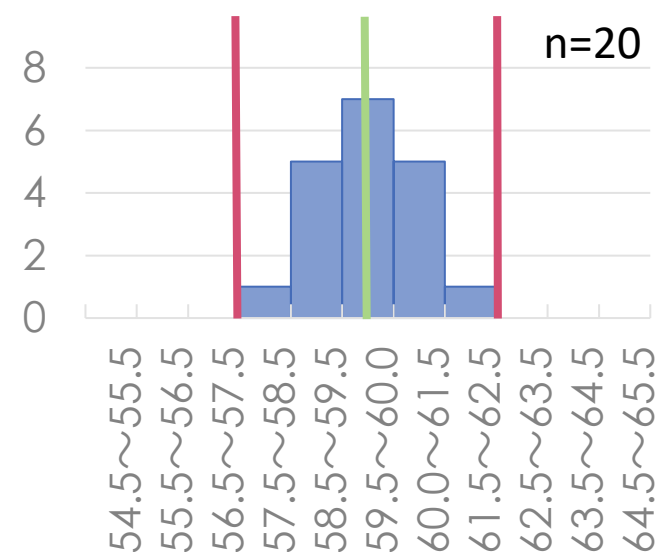
規格幅：55～65の場合



規格幅：57～63の場合



規格幅：57.5～62.5の場合



$$C_{pk} = \frac{59.9 - 55}{3 \times 0.96} = 1.70$$

~ ± 5σ

→約1千万回に3回

$$C_{pk} = \frac{59.9 - 57}{3 \times 0.96} = 1.01$$

→約1千回に3回

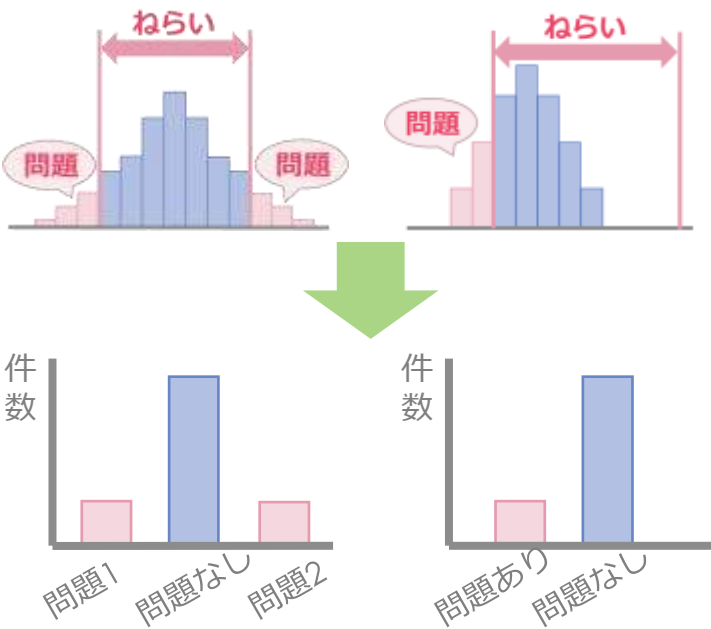
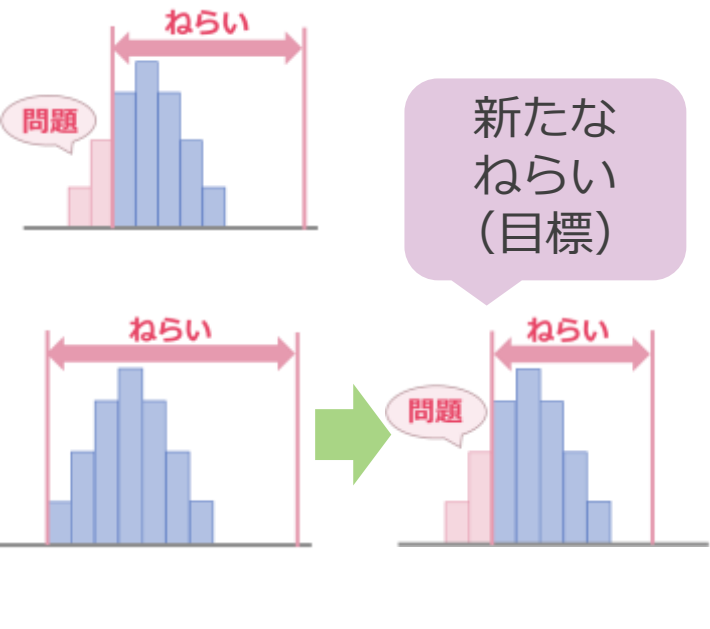
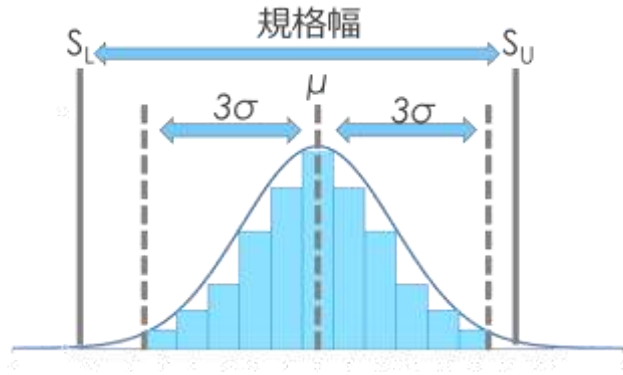
$$C_{pk} = \frac{59.9 - 57.5}{3 \times 0.96} = 0.83$$

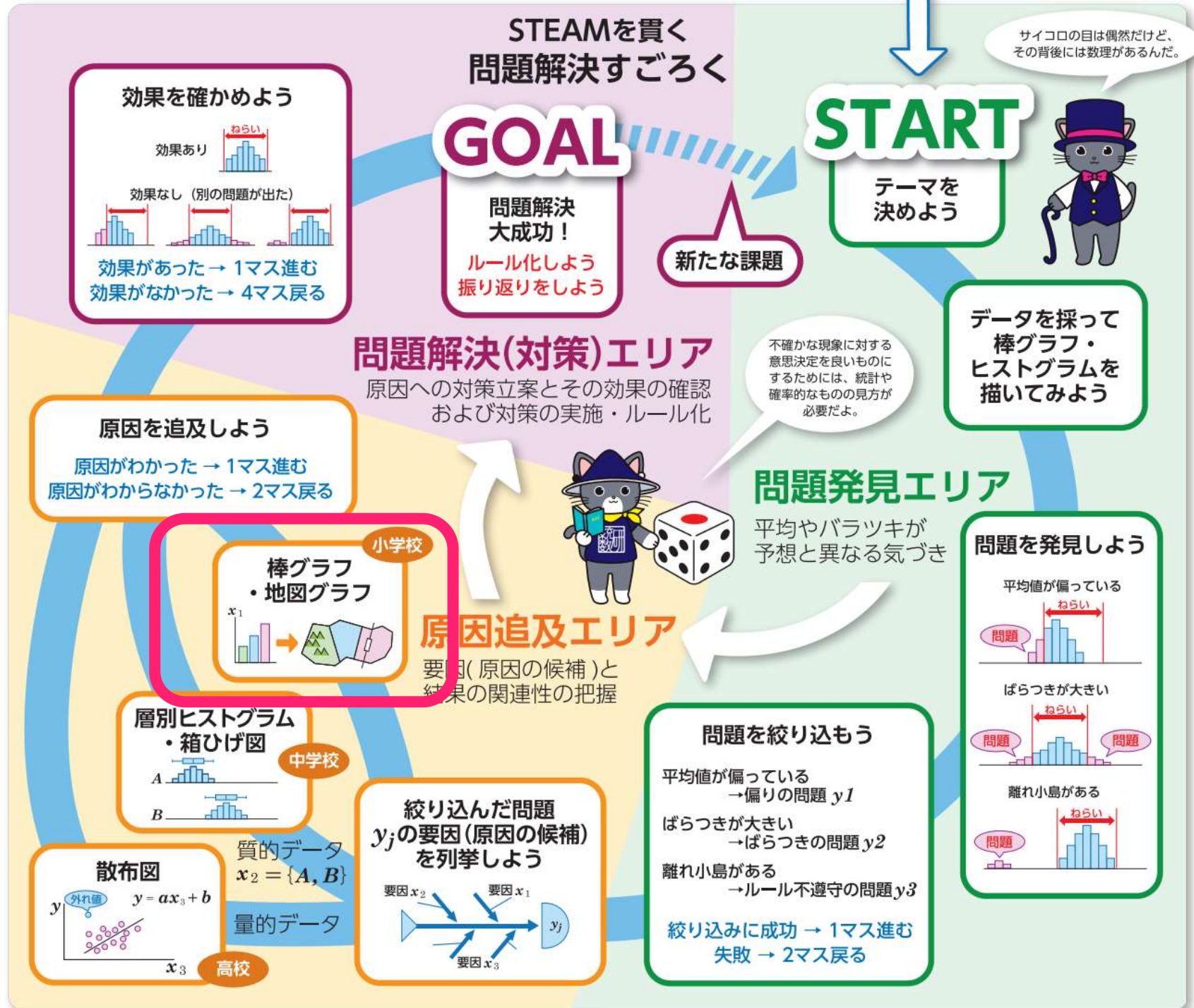
~ ± 2.5σ

→約100回に1回

ただし、同一条件下での、条件付きの確率であることに留意が必要

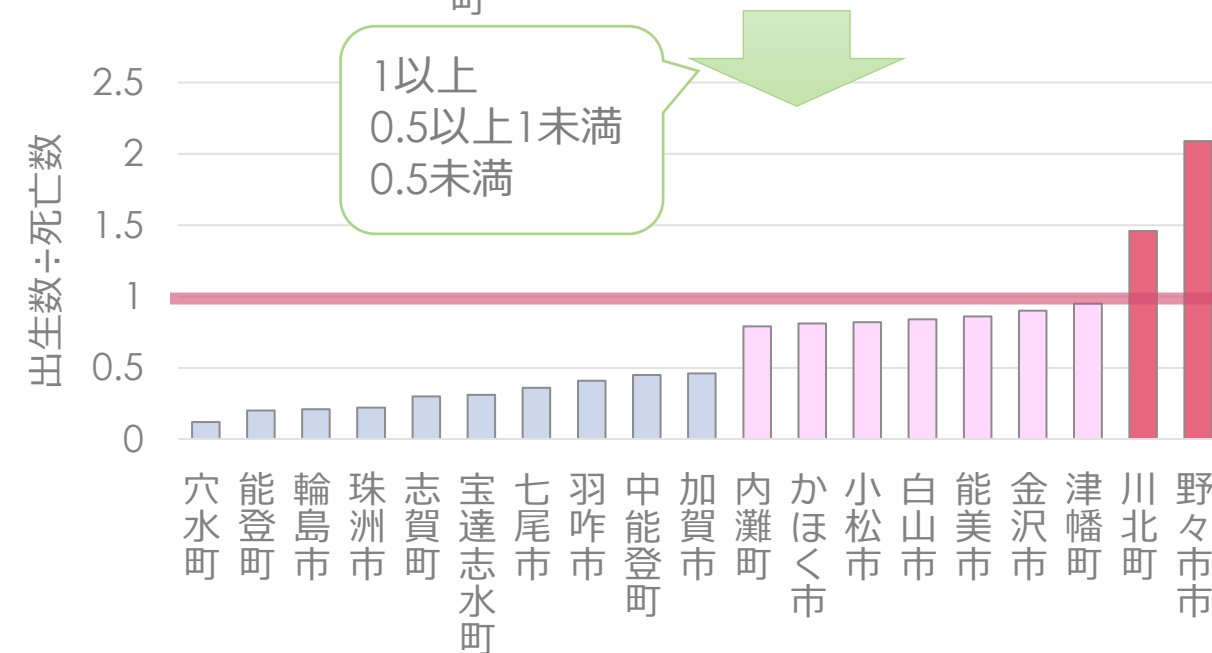
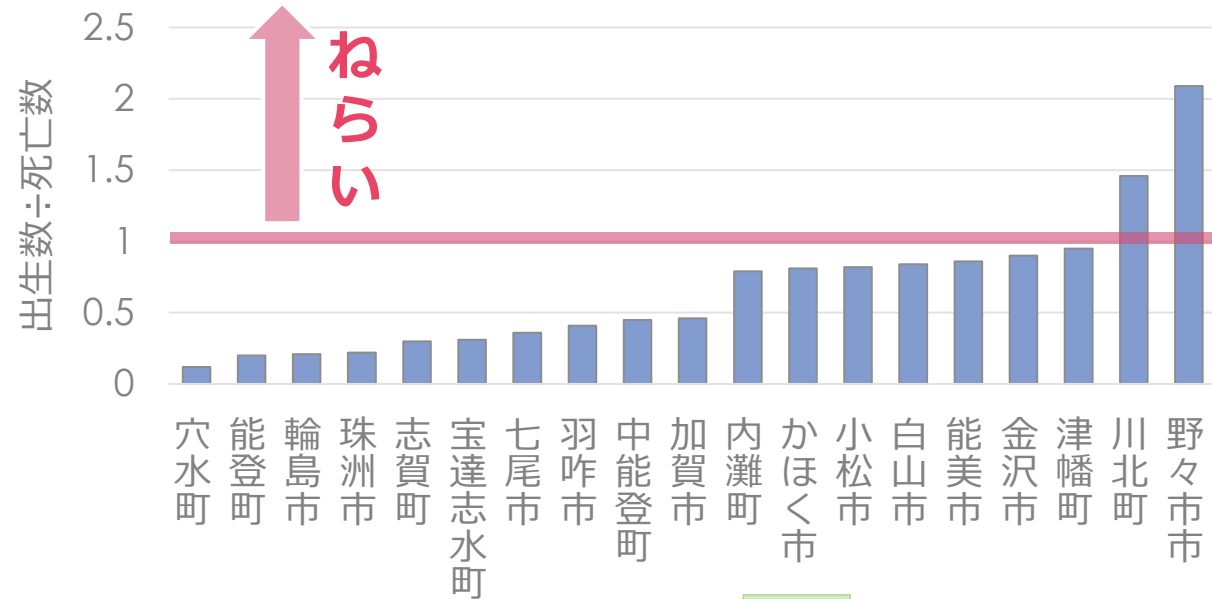
発達段階とばらつきの問題

小学校低学年～	小学校高学年～	高校～
		$C_{pk} = \min\left(\frac{\mu - S_L}{3\sigma}, \frac{S_U - \mu}{3\sigma}\right)$ 
ねらいの中に入っている、か否かが焦点 ばらつきの制御（因子の取り込み）が中心	ばらつきの問題・偏りの問題を扱うことが可能 因子の取り込みと水準変更	左記に加えて、ばらつきの評価が可能



人口の自然増減の観察 石川県の出生数÷死亡数（SSDSE-A-2018使用）

28



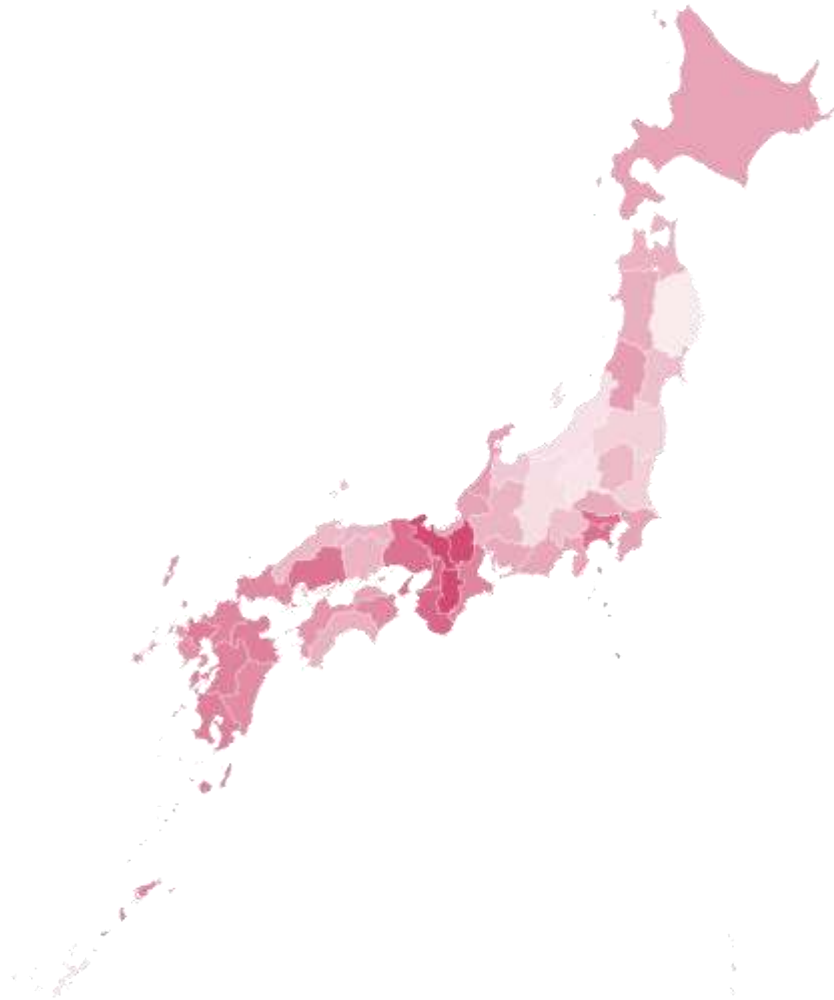
金沢市：
県庁所在地

小松市：
小松製作所の本拠地
大手企業の事業所が
集まる日本有数の
企業城下町

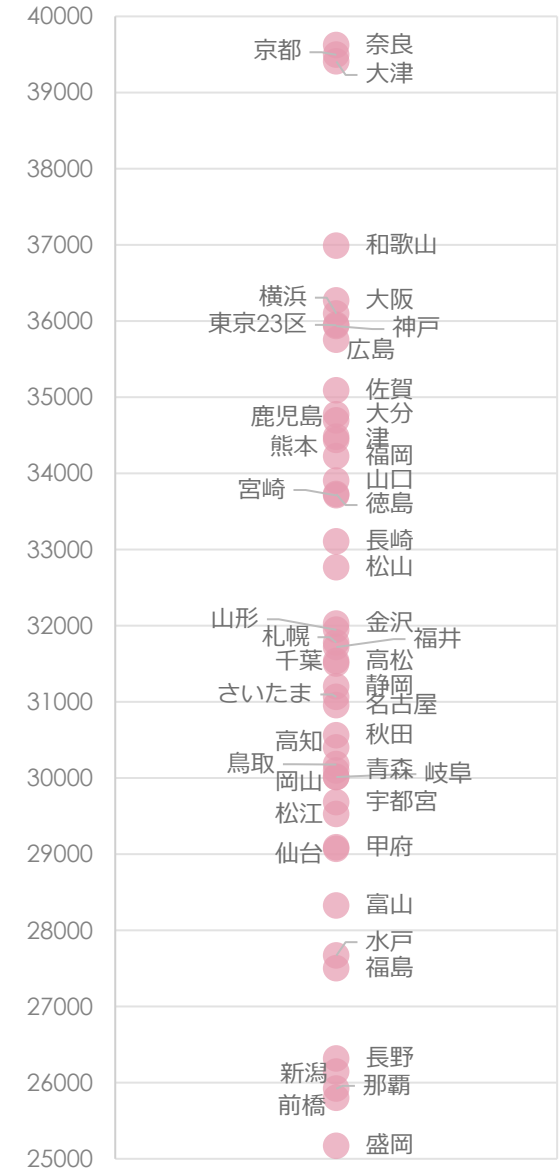


仮説
野々市市と川北町
の特徴を調べると、
少子化対策の
ヒントがある

県庁所在地別 肉類への年間購入額（2人以上世帯一人当たり）の違い

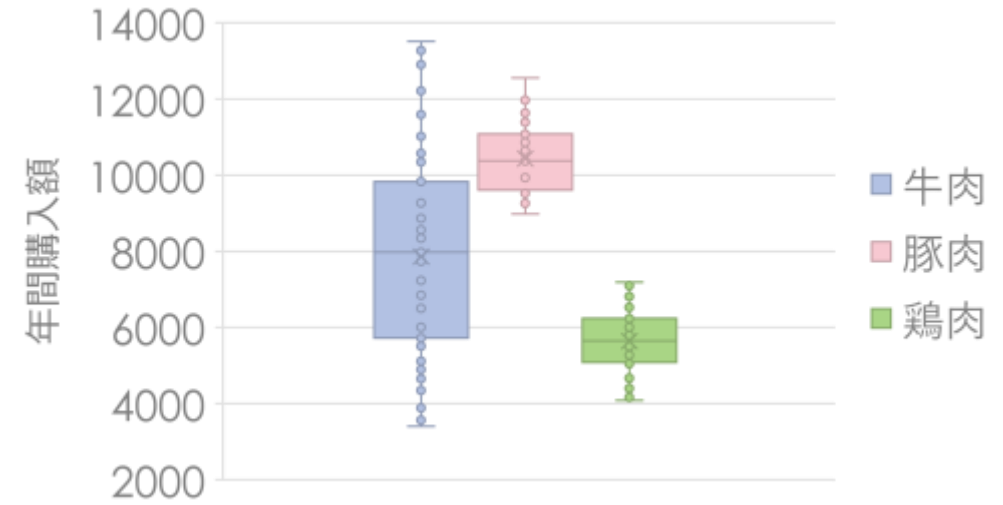
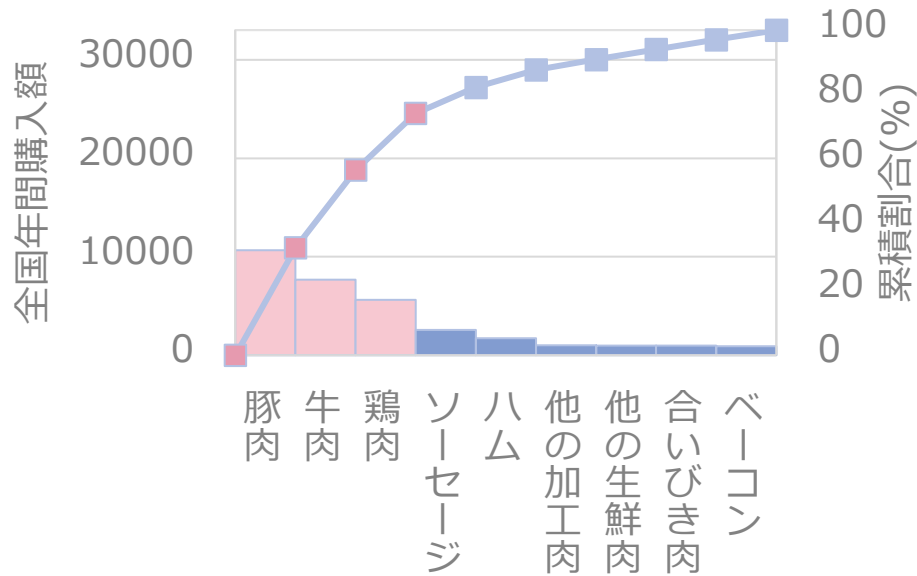


03 肉類
39621
25172

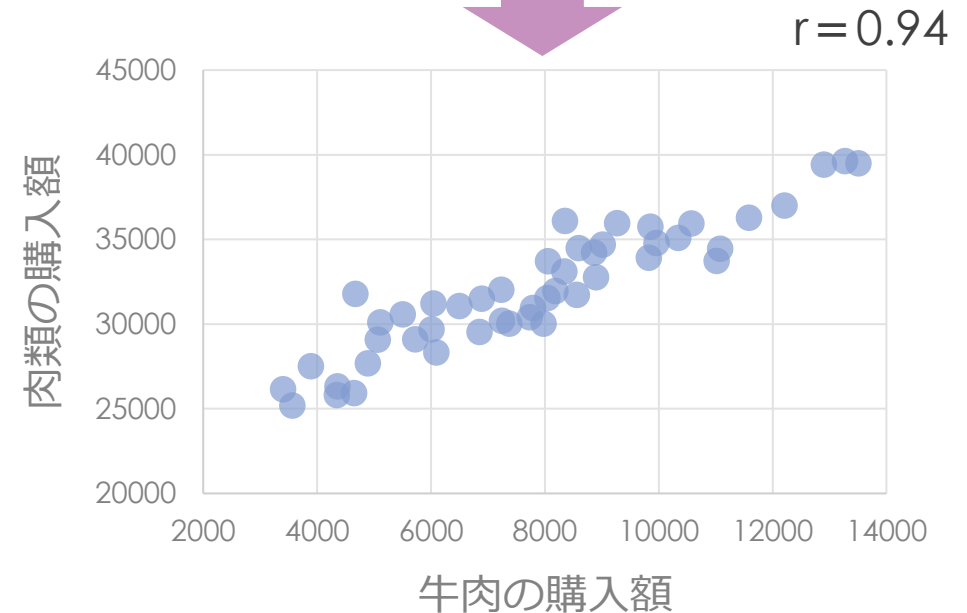


SSDSE-家計消費（SSDSE-C-2022）を
加工して作成

肉類（2人以上世帯一人当たり）への年間購入額の違い



- 牛・豚・鶏肉の購入金額で74%を占める
- 購入金額のばらつきは牛肉が大きい
- 肉類の年間購入金額は、牛肉の購入額と類似性が高い



STEAMを貫く 問題解決すごろく

GOAL

問題解決
大成功！

ルール化しよう
振り返りをしよう

START

テーマを
決めよう

サイコロの目は偶然だけど、
その背後には数理があるんだ。



データを使って
棒グラフ・
ヒストグラムを
描いてみよう

不確かな現象に対する
意思決定を良いものに
するためには、統計や
確率的なものの見方が
必要だよ。

問題発見エリア

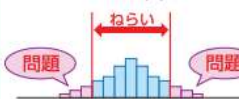
平均やバラツキが
予想と異なる気づき

問題を発見しよう

平均値が偏っている



ばらつきが大きい



離れ小島がある



問題を絞り込もう

平均値が偏っている
→ 偏りの問題 y_1

ばらつきが大きい
→ ばらつきの問題 y_2

離れ小島がある
→ ルール不遵守の問題 y_3

絞り込みに成功 → 1マス進む
失敗 → 2マス戻る

問題解決(対策)エリア

原因への対策立案とその効果の確認
および対策の実施・ルール化



原因追及エリア

要因(原因の候補)と
結果の関連性の把握

絞り込んだ問題
 y_j の要因(原因の候補)
を列挙しよう



効果を確認めよう

効果あり



効果なし(別の問題が出た)



効果があった → 1マス進む
効果がなかった → 4マス戻る

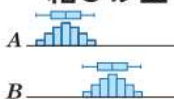
原因を追及しよう

原因がわかった → 1マス進む
原因がわからなかった → 2マス戻る

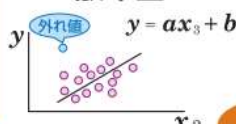
棒グラフ
・ 地図グラフ



層別ヒストグラム
・ 箱ひげ図



散布図



質的データ
 $x_2 = \{A, B\}$

量的データ

高校

小学校

中学校

中学校は、
小学校の内容を
高校は、
小・中の内容を
含む

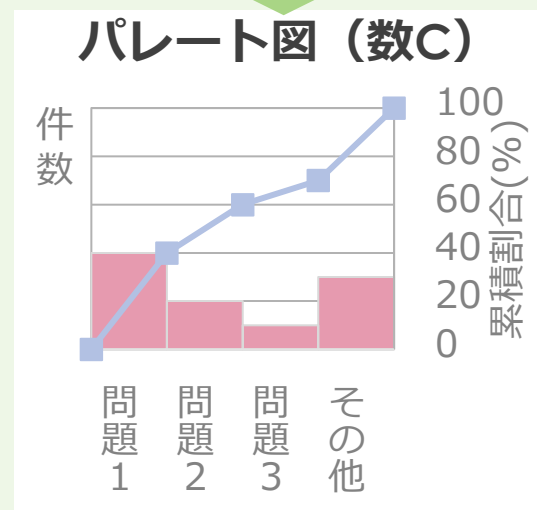
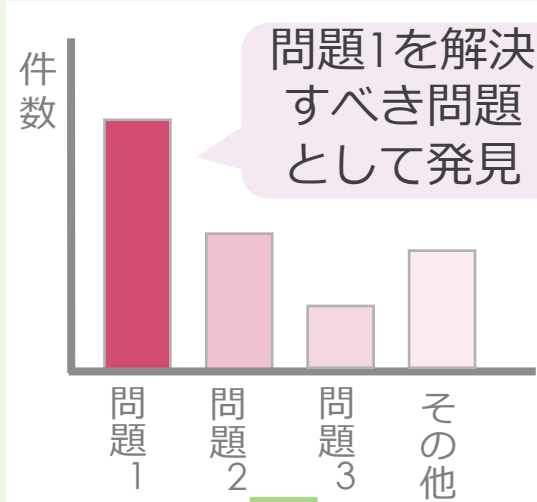
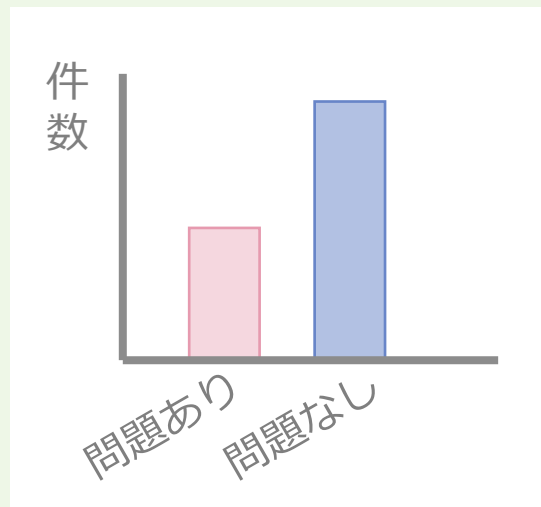
棒グラフと問題解決

小学校低学年でも、棒グラフだけでも、問題解決は可能
日常生活でも活用できる

32

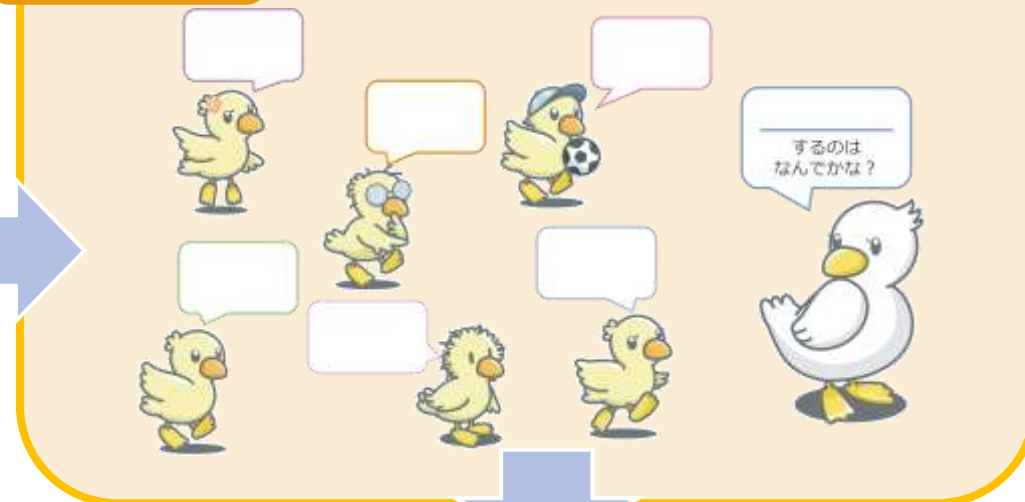
問題発見 エリア

層別して解決したい問題を特定する



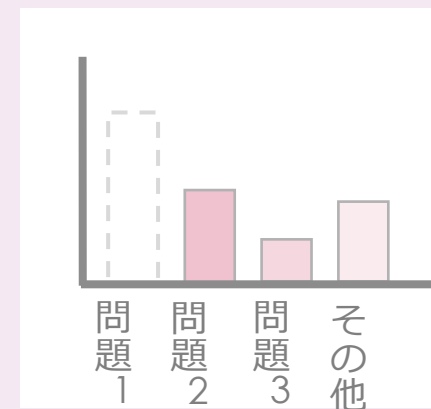
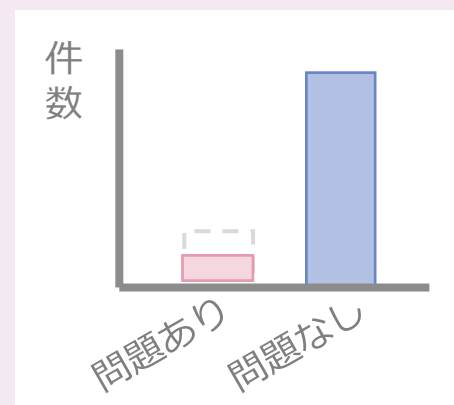
原因探求 エリア

原因を考える



問題解決 エリア

対策を立てて実行し
問題が減ったのを確認

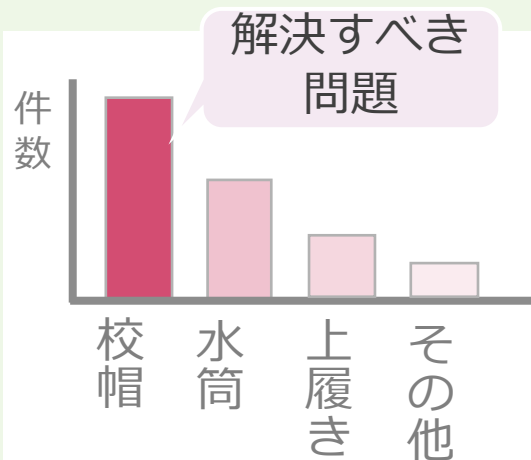


問題発見 エリア

層別して解決したい 問題を特定する

<テーマ>

小学校への
忘れ物が多い



原因探求 エリア

原因を考える

原因は
出発時に
帽子に
気づきに
くいこと

置く場
所が決
まっ
て
ない

習慣
が
な
い

出発時
に慌て
ている

なぜ
校帽を
忘れる
の？

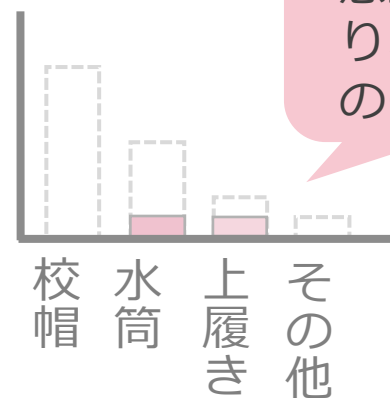


問題解決 エリア

対策を立てて実行し問題が減ったのを確認

<対策>

帰ってきたら
玄関のマスクの上に
校帽を置く



忘れ物への
意識が高ま
り、他のも
のも減った

対策を
ルール化

GOAL



まとめ

- 問題解決のプロセス（問題発見→原因探求→問題解決（対策））は、子供が行う問題解決も、大人が行う問題解決でも変わらない
- 同じ題材でも分析手法を変えることで、発達段階に合わせた難易度の調整が可能

→繰り返しの問題解決プロセスの学びや分析の体験が大切

学校教育と合わせて、

ご家庭でも

取り組みをお願いできれば幸いです

参考文献

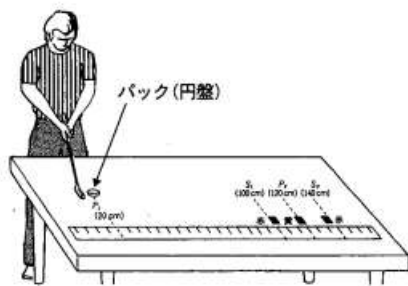
- [1]林宏樹・稲葉太一・荒木孝治(2012): “「教室内で体験できる！データの採取から分析まで」シミュレーション器材（パッティング機）を用いたデータの分析教育実践報告”, 統計数理研究所共同研究リポート272 統計教育実践研究 第4巻, pp.120-125
- [2]品質管理学会関西支部教育教材開発研究会: 「品質管理教育教材研究会記録教材開発及び研修での利用－研究の終了にあたって－」 <http://www.ec.kansai-u.ac.jp/user/arakit/documents/%E6%95%99%E6%9D%90%E9%96%8B%E7%99%BA%E7%A0%94%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8.pdf>
- [3]石川馨（1989）：『第3版 品質管理入門 B編』，日科技連
- [4]武川洋三(1989): 『品質管理入門』，筑波書房, pp.117-118
- [5]今里健一郎(2011): 『QC七つ道具実践ワークブック』，秀和システム, pp.48-49
- [6]高橋武則(2019): “模擬体験による認識・創造・経営の教育－質を中核としたデータ・マネジメントの体験教育－”，『品質』44(1), pp.49-57 P.55より引用

<データの出典>

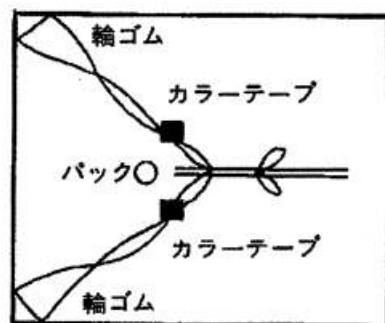
- (独)統計センター SSDSE-A-2018 及び SSDSE-C-2022
<https://www.nstac.go.jp/use/literacy/ssdse/>

【参考】パッティング機の類似教材

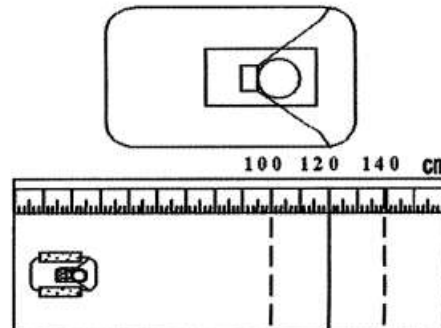
- なお、パッティング機の代替としては以下のようなものが考えられる



図・3 テーブル・ゴルフ[7]



図・4 バック打撃[7]



図・5 コイン射撃

[6]高橋武則(2019):“模擬体験による認識・創造・経営の教育－質を中核としたデータ・マネジメントの体験教育－”,『品質』44(1), pp.49-57
P.55より引用

ばらつき問題
+ 滞空時間・回転時間を延ばす

紙ヘリコプター
(紙コプター)



コマ



【参考】 東京学芸大学 現職教員研修 動画教材

データサイエンス（統計） <https://www.u-gakugei.ac.jp/training/>

Gakugei Training

研修講座

SSDSE-Aを活用した外れ値の考え方の例

キャラクターの改善の例

改善前 改善後

データサイエンス（統計）

2022.04.06掲載

データサイエンス（統計） 第1回-1 オリエンテーション

高等学校の数学Ⅰで扱う箱ひげ図と外れ値をはじめとする記述統計について、分析の目的とそれに対応する手法を知ることが目的とします。講義資料は下記リンクからダウンロードをお願いいたします。

【講義資料】1_2記述統計1.pdf

2022.04.06掲載

データサイエンス（統計） 第1回-2 記述統計1

高等学校の数学Ⅰで扱う箱ひげ図と外れ値をはじめとする記述統計について、分析の目的とそれに対応する手法を知ることが目的とします。

【講義資料】1_2記述統計1.pdf

2022.04.06掲載

データサイエンス（統計） 第1回-3 記述統計2

高等学校の数学Ⅰで扱う箱ひげ図と外れ値をはじめとする記述統計について、分析の目的とそれに対応する手法を知ることが目的とします。

【講義資料】1_3記述統計2.pdf

大まかな内容（全20件）

- 第1回 オリエンテーション
- 第2回 海外の事例、jSTAT MAP
- 第3回 学習指導要領について
- 第4回 確率分布と区間推定
- 第5回 仮説検定
- 第6回 授業づくりについて
- 第7回 多変量データの扱い

