

計量管理概論

注意事項

- 1 解答時間は、午後 2 時 40 分から午後 3 時 50 分までの 1 時間 10 分である。
- 2 解答用紙の所定の欄に、氏名、生年月日及び受験番号を正確に記入し、生年月日及び受験番号については、その下のマーク欄にもマークすること。
- 3 問題は 25 問で、全問必須である。
- 4 出題の形式は、各問に対して五つの選択肢が用意されており、その中から一つの解答を選ぶ五肢択一方式である。
- 5 解答は、各問の番号に対応するマーク欄に一か所のみマークすること。
- 6 マークの記入は、解答用紙に記された記入例を参照のこと。
- 7 解答の記入にあたっては、次の点に注意すること。
  - (1) 筆記具は HB の黒鉛筆又は黒シャープペンシルを用い、マーク欄の枠内をぬりつぶすこと。
  - (2) 解答を修正する場合は、消しゴムできれいに消して、消しくずを残さないようにすること。
  - (3) 解答用紙は、汚したり、折り曲げたりしないこと。
- 8 携帯電話の電源は切り、電卓は使用しないこと。

以上の注意事項及び係官からの指示事項が守られない場合には、採点されないことがある。

指示があるまで開かないこと。

問 1 工程で使用する測定器に対して、計測管理を実施して得られる効果として不適切なものを一つ選べ。

- 1 ばらつき小さい測定器を選ぶことで、製造される製品の特性のばらつきを小さくできる。
- 2 測定器のかたよりが小さくなるような管理条件にしておくことで、製品特性の目標値からの差を小さくすることができる。
- 3 同じ製品を作る複数の製造ラインのそれぞれで、同器種の測定器が使用されている。それらの測定器を校正しておくことで、複数の製造ラインで作られる製品の特性のばらつきを小さくすることができる。
- 4 不確かさや分解能など、用途に応じた性能をもつ測定器を選択することで、合理的な計測が可能になる。
- 5 一定の環境条件に管理された校正室で測定の不確かさを評価しておけば、環境条件が変動している工程中であっても、同程度の不確かさで測定できる。

問 2 計測管理においては、測定対象がもたらふつきと、測定誤差を区別しておくことが望ましい。次に示す項目の内、測定誤差とみなすことが不適切なものを一つ選べ。

- 1 レーザ干渉計長器を使用するとき、空気屈折率の変動による測定値のばらつき。
- 2 長さ測定を行うためマイクロメータを使用し、不特定の測定者が製品の測定を行っている場合の、測定者による測定値の違い。
- 3 製品のばらつきを管理をロット単位で行っている。測定では、各ロットから5個をサンプリングし、短時間間の測定データの平均値を求めている。このときのロットによる平均値の違い。
- 4 はかりで質量を測定しているが、品物載せる位置を限定することができない。このときの品物載せる位置の違いによる測定値の違い。
- 5 測定範囲が0～10 mmの電気マイクロメータがある。これについて10 mmの標準を1個使って零点比例式を求め、校正とする。このとき、5 mmの標準を測定するときの測定値の標準値からの違い。

問 3 測定量と単位に関連する下の記述のうち、誤っているもの一つ選べ。

- 1 平面角のSI単位は「度」(記号は°)である。
- 2 500 kgfをSI単位に換算すると、重力加速度を9.81 m/s<sup>2</sup>として4905 Nとなる。
- 3 SI単位は基本単位と組立単位で構成されている。
- 4 長さ[L]、質量[M]、時間[T]を基本次元として選ぶとき、加速度の次元はL<sup>1</sup>M<sup>0</sup>T<sup>-2</sup>で表される。
- 5 測定量の中で、測定方法によって定義されている工業的に有用な量を工業量と呼ぶ。

問 4 円柱状の物体の体積Vを求めるため、その直径D、及び高さHを測定し、

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 \times H \quad (\pi: \text{円周率})$$

の式よりVを導くことにした。D及びHの測定の際のばらつきを表す標準偏差をそれぞれσ<sub>D</sub>、σ<sub>H</sub>とすると、体積Vの相対標準偏差σ<sub>V</sub>/Vはどの式から求めればよいか。正しいもの一つ選べ。ただし、DとHの測定の際のばらつきは独立であり、σ<sub>D</sub>/Dとσ<sub>H</sub>/Hは1より十分小さいとする。また、物体は理想的な円柱の形状をもつものとする。

- 1  $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2$
- 2  $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 = 2 \times \left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 \times \left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2$
- 3  $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + 2 \times \left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2$
- 4  $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2$
- 5  $\left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 = 4 \times \left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_H}{H}\right)^2$

問 5 ISO国際文書「計測における不確かさの表現のガイド」(GUM)に規定された測定の不確かさに関する次の記述のうち、誤っているもの一つ選べ。

- 1 標準不確かさは、標準偏差で表される、測定結果の不確かさである。
- 2 拡張不確かさは、測定の結果において、合理的に測定量に結びつけられ得る値の分布の大部分を含むと期待される区間を定める不確かさである。
- 3 合成標準不確かさは、測定結果を得るために必要な他の量の標準不確かさを重み付きで加算した和で計算される不確かさである。
- 4 相対不確かさは、不確かさを測定結果の絶対値で除したものである。
- 5 包含係数は、拡張不確かさを求めるために合成標準不確かさに乗じる数として用いられる数値係数である。

問 6 同じ測定量を対象とする2つの測定器 A、B がある。それらの測定誤差は互いに統計的に独立な正規分布に従う確率変数であり、それぞれ  $N(\mu_a, \sigma_a^2)$ 、 $N(\mu_b, \sigma_b^2)$  で表されるとする。ただし、 $N(\mu, \sigma^2)$  は、平均値  $\mu$ 、分散  $\sigma^2$  の正規分布を意味する。このとき、A、B それぞれの測定値  $M_a$ 、 $M_b$  から測定結果  $M_r$  を、 $M_r = (M_a + M_b) / 2$  として与える場合、 $M_r$  の誤差成分に関する平均値  $\mu_r$ 、分散  $\sigma_r^2$  はそれぞれどのように表されるか。以下の中から正しいものを一つ選べ。

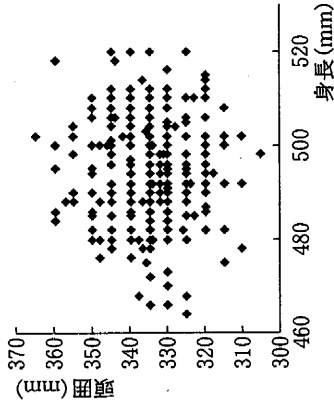
- 1  $\mu_r = \mu_a + \mu_b$ 、 $\sigma_r^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2$
- 2  $\mu_r = \frac{\mu_a + \mu_b}{2}$ 、 $\sigma_r^2 = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2}$
- 3  $\mu_r = \frac{\mu_a + \mu_b}{2}$ 、 $\sigma_r^2 = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{4}$
- 4  $\mu_r = \sqrt{\mu_a^2 + \mu_b^2}$ 、 $\sigma_r^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2$
- 5  $\mu_r = \sqrt{\mu_a^2 + \mu_b^2}$ 、 $\sigma_r^2 = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2}$

問 7 確率分布に関する下記の記述のうち、誤っているものを一つ選べ。

- 1 正規分布、 $t$  分布、 $F$  分布は、連続型の分布である。
- 2 二項分布、ポアソン分布は、離散型の分布である。
- 3  $t$  分布は、左右非対称の分布である。
- 4  $F$  分布は、2つの母集団の分散の違いの検定に用いられる。
- 5  $t$  分布は、2つの母集団の平均値の差の検定に用いられる。

問 8 次の相関や回帰に関する記述のうち、正しいものを一つ選べ。

- 1 2変数  $x$  と  $y$  の相関係数は 0 と 1 の間の値をとる。
- 2 関数式  $y = ax^2$  ( $a$  は定数) に従う二つの変数  $x$  と  $y$  の相関係数は 1 である。
- 3 下図は新生児の身長を横軸、頭囲を縦軸にとった散布図を作成したものである。この図から身長と頭囲の相関係数は 0 に近いと思われる。



- 4 標準の値  $M$  とそれに対する読み  $y$  の関係を求めるため、 $k$  組の標準の値  $M_1, M_2, \dots, M_k$  に対する読み  $y_1, y_2, \dots, y_k$  を得て、 $y$  の  $M$  に対する回帰分析を行った。この場合、 $M$  を目的変数(または従属変数)、 $y$  を説明変数という。
- 5 相関も回帰も原因と結果の関数関係を把握するものである。

問 9 以下は実験計画法の効用について述べたものである。誤っているものを一つ選べ。

- 1 実験データに影響した要因効果を定量的に求めることができる。
- 2 実験誤差を定量的に明らかにすることができる。
- 3 実験計画で設定した水準の範囲を大きく超えても、要因効果が確実に評価できる。
- 4 実験データから得られる情報をもとにして、今後のアクションの基準を得ることがができる。
- 5 実験データに影響を与える多くの要因のうち、ある特定の要因が、実験データに対して意味のある影響を与えているかを確かめることができる。

問10 下記は、測定分野における実験計画に関する記述である。空欄の(ア)から(オ)にあてはまる語として、適切な組み合わせを一つ選べ。

測定誤差を改善するためには、改善に役立つと思われる操作変数、校正方式、校正間隔などを(ア)因子として取り上げ、2～3の水準値を設定する。通常、因子は数個あるので、実験する因子・水準の組み合わせは直交表にしたがって決めることが多い。その場合、直交表の各組み合わせに対して、測定誤差を求めめるためのわりつけを考える。一般的には、真値の異なる測定対象である(イ)因子と測定誤差の原因になるような(ウ)因子の2元配置のデータをとって、SN比を計算する。すなわち、(イ)Mと読みよとの関係を次式

$$y = \beta M + e$$

で表わすと、 $\beta$ は(イ)因子の単位量変化に対する読みの変化の大きさ、 $e$ は比例関係からのずれや(ウ)因子の影響である。 $e$ の分散を $\sigma^2$ とすると、比例式校正では、校正後の誤差分散は(エ)で与えられ、この逆数(オ)が測定のSN比である。

ア	イ	ウ	エ	オ
1 標示	信号	環境	$\sigma^2$	$\frac{1}{\sigma^2}$
2 制御	調整	環境	$\frac{\beta^2}{\sigma^2}$	$\frac{\sigma^2}{\beta^2}$
3 制御	信号	誤差	$\frac{\sigma^2}{\beta^2}$	$\frac{\beta^2}{\sigma^2}$
4 環境	調整	誤差	$\frac{\sigma^2}{\beta^2}$	$\frac{\beta^2}{\sigma^2}$
5 制御	信号	環境	$\sigma^2$	$\frac{1}{\sigma^2}$

問11 測定のトレーサビリティに関する以下の説明における、イ～ニの四か所の記述のうち、二つの記述は誤りである。誤りの記述の指摘として正しいものを選べ。

JIS Z 8103「計測用語」には、測定のトレーサビリティとは「不確かさがありますが表記された切れ目のない比較の連鎖によって、決められた基準に結びつけられ得る測定結果又は標準の値の性質。基準は通常、国家標準又は国際標準である。」と規定されている。

従って、個々独立に、独自の管理の強化のみによってトレーサビリティのシステムは完成し、必ずしも国家標準または国を代表する標準機関が保有する標準に基づいて必要はない。

トレーサビリティが確立されれば、測定結果又は標準の値について、それに含まれる不確かさの大きさが明らかになる。また、不確かさのうち、偶然誤差に該当するばらつき成分は、校正により取り除くことができるので、その分、不確かさの大きさを小さくすることができる。

一方、一般に、標準の不確かさには、高位の標準の不確かさ、及び標準の校正作業に伴う不確かさが含まれる。従って、トレーサビリティが確立されているからといって不確かさの大きさがゼロになるわけではない。ただし、トレーサビリティが確立されていれば、不確かさの程度が保証された形で、製造工程の適正な品質管理を目指すことができる。

- 1 誤りはイとロである。
- 2 誤りはイとハである。
- 3 誤りはイとニである。
- 4 誤りはロとハである。
- 5 誤りはロとニである。

問12 測定標準とトレーサビリティに関する次の記述のうち、誤っているものを一つ選べ。

- 1 計量標準の国際的な同等性は、各国の国家標準機関によって行われる国際比較で確認される。
- 2 SI単位で表記されていない測定の結果は、国家標準にトレーサブルにすることができない。
- 3 計量法におけるJCSSの校正証明書は、校正結果が国家標準にトレーサブルであることを証明している。
- 4 社内校正によりトレーサビリティを確保するためには、標準の維持管理だけではなく、測定器を校正する手順などを含め、全体としての校正システムを整備しておく必要がある。
- 5 測定器の校正後の測定値に付けられる不確かさの中には、校正に用いられる標準自身が持つ不確かさも含まれる。

問13 下記は、JIS Z 9090「測定—校正方式通則」に示されている校正の種類に関して記述したものである。このうち誤っているものを一つ選べ。

- 1 「目盛間隔校正」は、測定の始点が一義的に決められず、測定ごとに異なるために、共通の関係式では表わすことができない場合に用いられる。
- 2 「点検だけの校正」では修正を行わないため、読み値がそのまま測定値になる。
- 3 「基準点比例式校正」は、基準点 $M_0$ に対する読み $y_0$ で定数の校正を行った後、傾斜の校正を行う方法である。
- 4 「1次式校正」は、幾つかの標準とそれに対する読み値の平均値を用いて、傾斜のみの校正を行う方法である。
- 5 「零点比例式校正」は、測定量の値がゼロのときは読み値がゼロになることが原理的にわかっている場合に用いられる傾斜の校正である。

問14 測定器の校正周期内の誤差を調べるため、値 $m$ が分かっている標準を用いて、1日に1回標準を測定したときの読み値 $y$ と標準の値 $m$ との差を、15日間わたり記録することにした。最初の日に測定器を校正した後、以降は校正を行わずに求めた第 $i$ 回目の差のデータ $\Delta_i = y_i - m$  ( $i = 1, 2, \dots, 15$ )は図1のようであった。この結果から、測定器をもし5日毎に校正を繰り返すと仮定したときに得られるであろう誤差のデータ $\tilde{\Delta}_i$ は図2のようになると予想できる。図2の場合、測定器の誤差の標準偏差は、下の式で計算するのが適切か。正しいものを一つ選べ。

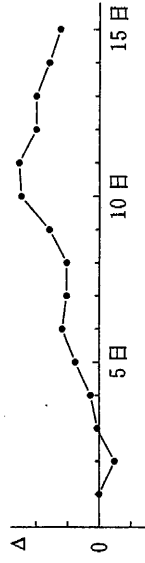


図1 初日だけ校正を行ったときの差のデータ $\Delta$

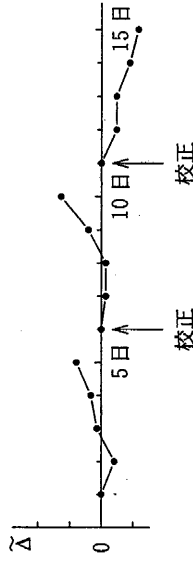


図2 5日毎に校正を繰り返すとしたときに予想される誤差のデータ $\tilde{\Delta}$

- 1  $\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} |\Delta_i|$
- 2  $\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} |\tilde{\Delta}_i|$
- 3  $\sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} \Delta_i^2}$
- 4  $\sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} \tilde{\Delta}_i^2}$
- 5  $\sqrt{\frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} \tilde{\Delta}_i^2}$

問15 測定器の読みを  $y$ 、標準の値を  $M$  とする。1 次回帰式  $y = a + \beta M + e$  (ただし  $e$  は回帰からの誤差を表す) を想定したとき、 $y$  の  $M$  に対する回帰分析により、感度係数  $\beta$  と、 $e$  の分散(誤差分散)  $V_e$  を求めることができる。これらを用いて測定器の SN 比が計算される。測定器の SN 比に関連した次の記述のうち、誤っているものを一つ選べ。

- 1 感度係数  $\beta$  は、 $M$  が単位量変化したときの読み  $y$  の変化量と同等である。
- 2 誤差分散  $V_e$  には、測定器の読み  $y$  のばらつきが含まれる。
- 3 感度係数  $\beta$  が一定のとき、誤差分散  $V_e$  が小さいほど、測定器の SN 比は大きくなる。
- 4 SN 比をデシベル変換することによって、SN 比に加法性を持たせることができるので、分散分析に用いることができる。
- 5 測定器の読み単位が異なっている場合には、測定器の良否の比較に測定器の SN 比を用いることはできない。

問16 現在使用中の測定器について、測定器の SN 比が十分に高くないため、SN 比の改善策を検討する。次のうち、SN 比の改善に役立たない対策を一つ選べ。

- 1 校正周期を短縮する。
- 2 測定誤差の原因を把握し、主な原因が除去できるかどうか検討する。
- 3 測定器の操作条件を見直す実験計画を立て、最適操作条件を検討する。
- 4 ゼロ点校正を、現場で使用される測定領域の中心を基準点とした基準点比例式校正に変える。
- 5 感度が小さくなるように測定器の調整を行う。

問17 制御系に関する以下の説明において、下線部イ～ホの 5 箇所の記述の中には誤りが二つ含まれている。誤りの指摘として正しいものを一つ選べ。

前向き伝達関数  $G(S)$  が、 $G(S) = K/(1 + TS)$  で与えられる直結フィードバック系がある。等価変換の規則を適用し、直結フィードバック系の全体的伝達関数  $W(S)$  を求めれば、 $W(S) = G(S)/[1 + G(S)] = K/(1 + K + TS)$  となる。

$G(S)$  も  $W(S)$  も共に 1 次遅れ系であり、 $W(S)$  についての時定数  $T^*$  は、 $T^* = T/(1 + K)$  になっている。従って、 $K$  の値を工夫すれば  $T^* > T$  にも、 $T^* < T$  ともすることができるともする。例えば、 $T^* = T/10$  にするには  $K = 11$  とすればよい。

また、原理的には、 $K \rightarrow \infty$  とすれば、 $T^* \rightarrow 0$  となる。このように、時定数を短いものに改善できることは、フィードバック制御系の一つの効用である。なお、説明中、 $K$  および  $T$  は、それぞれ  $G(S)$  についてのゲイン定数 ( $> 0$ ) および時定数であり、 $S$  はラプラス変数を意味する。

- 1 誤りはイとハである。
- 2 誤りはロとハである。
- 3 誤りはハとニである。
- 4 誤りはイとニである。
- 5 誤りはロとホである。

問18 次の文章の空欄に入る言葉の組み合わせのうち、正しいものを一つ選べ。

センサーにより得られた信号波形をコンピュータによって処理をする場合、  
 (ア)信号として得られた出力を(イ)信号に変換する必要がある。この信号  
 変換の際、(ウ)が短ければそれだけ時間軸が細分化され、波形の近似がよくな  
 る。

	ア	イ	ウ
1	デジタル	アナログ	調整間隔
2	アナログ	デジタル	サンプリング間隔
3	アナログ	デジタル	調整間隔
4	デジタル	アナログ	出力間隔
5	デジタル	アナログ	サンプリング間隔

問19 ある測定システムでは、測定器の出力をコンピュータに送り、データ収集して  
 いる。測定器の出力が10進数で3桁までの数字(0~999)で表現されているとき、  
 この3桁の10進数を2進数に変換するためには、最小限何ビット必要か。次のう  
 ちから一つ選べ。

- 1 4
- 2 6
- 3 8
- 4 10
- 5 12

問20 測定器の信頼性に関係する用語に関する下の記述のうち、誤っているものを一  
 つ選べ。

- 1 故障率は、当該時点で測定器が可動状態にあるという条件を満たす測定器の当  
 該時点での単位時間当たりの故障発生率として表される。
- 2 保全面は、与えられた使用条件の下で、測定器に対する与えられた実働保全面  
 業が、規定の時間間隔内に終了する確率として表される。
- 3 信頼度は、測定器が与えられた条件の下で、与えられた時間間隔に対して、要  
 求機能を実行できる確率として表される。
- 4 平均故障率は、期間中の総動作時間を期間中の総故障時間で割った値として表  
 される。
- 5 信頼性は、測定器が与えられた条件の下で、与えられた期間、要求機能を遂行  
 できる能力として表される。



問21 次のaからdの記述は、品質管理で用いられる図についての説明である。これらの記述に対応する図の名称を、下のア～オから選んだとき、正しい組み合わせはどれか。一つ選べ。

- a 項目別に層別して、出現頻度の大きさの順に並べるとともに、その累積和を示した図。
- b 特定の結果と原因系の関係を系統的に表した図。
- c 測定値の存在する範囲をいくつかの区間に分け、各区間を底辺とし、その区間に属する測定値の度数に比例する面積を持つ長方形を並べた図。
- d 連続した観測値を時間順に打点し、上側管理限界及び下側管理限界とともに、平均値とばらつきの変化を表した図。

ア 散布図      イ ヒストグラム      ウ パレート図

エ 特性要因図      オ 管理図

- |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | a | ウ | b | エ | c | ア | d | オ |
| 2 | a | ウ | b | エ | c | イ | d | ア |
| 3 | a | ウ | b | エ | c | イ | d | オ |
| 4 | a | エ | b | ア | c | オ | d | イ |
| 5 | a | ウ | b | ア | c | イ | d | オ |

問22 土壌が入ったK個の容器の中から、ランダムにM個の容器を一次サンプリング単位として抜き取った。次に、抜き取ったそれぞれの容器内のランダムに選んだNか所の位置から土壌を採取し、 $N \times M$ 個の試料を得た。このようなサンプリング方法は以下のどれに該当するか。正しいものを一つ選べ。

- 1 層別サンプリング
- 2 系統サンプリング
- 3 集落サンプリング
- 4 二段サンプリング
- 5 復元サンプリング

問23 以下は量産品を製造する工程で行われる品質管理についての記述である。適切なものを一つ選べ。

- 1 品質管理のうち工程改善のための測定では、製品の特性値が許容値内かどうかかわれば十分である。
- 2 工程の品質管理で最も重要なことは、不良品を出さないことであり、そのために検査基準を緩くすることもある。
- 3 製品の許容差に比較してばらつきの小さい製造工程では、製品の検査より、工程平均の管理が重要である。
- 4 製品の良否を判断するための検査では、製品の仕様書で定めた全ての特性について測定をする必要がある。
- 5 検査に用いる測定器は、合否判定をするだけなので、計量標準や実物標準を用いた校正は必要ない。

問24 生産工程の管理における計測の管理の考え方を示した次の記述のうち、最も不適切なものを一つ選べ。

- 1 工程能力を上げる対策の一つとして、工程内で行われている測定の誤差を減らすことがある。
- 2 工程内で使用される測定器を校正する時間間隔を、工程のばらつきのみを考慮して決める。
- 3 多くの製品が許容値をはずれている場合には、その工程を改善するまでの間、不合格品を出荷しないための検査が必要である。
- 4 工程内で使用されている測定器の変動を工程内でチェックするため、実際の製品の中から基準となるものを選び、それを実物標準として用いてチェックする。
- 5 ほとんどの製品が許容値内にある場合でも、工程を管理するための測定は必要である。

問25 社内で行う計測業務や計測管理業務の標準化を行うことにより期待される効果として、最も不適切なものを一つ選べ。

- 1 測定器のメンテナンスの時期が明確になる。
- 2 担当者が替わったときの、業務の引継が容易になる。
- 3 生産工程内で測定器を使用する必要がなくなる。
- 4 連携して標準化を進めている事業所間でのデータの互換性が向上する。
- 5 社内で使用する測定器の器種が少なくなる。