

計量士および計測技術者のための

計量管理の基礎と応用

一般社団法人 日本計量振興協会
計量管理新教科書作成委員会 編

コロナ社

計量管理新教科書作成委員会

委員長

今井 秀孝 産業技術総合研究所

幹事

小池 昌義 産業技術総合研究所

委員

阿知波 正之 阿知波計量士事務所
榎原 研正 産業技術総合研究所
片桐 拓朗 日本品質保証機構
加藤 英幸 産業技術総合研究所
河住 春樹 日本計量振興協会
久保田 正明 標準物質協議会（元 産業技術
総合研究所）

小谷野 泰宏 産業技術総合研究所
四角目 和広 化学物質評価研究機構
曾我 光英 富士ゼロックス株式会社
田中 秀幸 産業技術総合研究所
中本 文男 Na計測合同会社（元 日本品質
保証機構）
根田 和朗 産業技術総合研究所
宮城 善一 明治大学

事務局

倉野 恭充 日本計量振興協会
澤田 めぐみ 日本計量振興協会

計量管理新教科書作成作業部会

部会長

小池 昌義 産業技術総合研究所

幹事

榎原 研正 産業技術総合研究所

委員

阿知波 正之 阿知波計量士事務所
植松 慶生 日本適合性認定協会
吉川 勲 京都府計量協会
四角目 和広 化学物質評価研究機構
城野 克広 産業技術総合研究所
中野 廣幸 中野計量士事務所
中本 文男 Na計測合同会社（元 日本品質
保証機構）

二ノ宮 進一 日本工業大学
根田 和朗 産業技術総合研究所

事務局

倉野 恭充 日本計量振興協会
澤田 めぐみ 日本計量振興協会

（所属は委員会・作業部会発足時のものである）

まえがき

本書『計量士および計測技術者のための 計量管理の基礎と応用』は、計量士国家試験における科目「計量管理概論」の内容をカバーすることを意識して作成した教科書である。「計測工学」について書かれた教科書は少なからず出版されているものの、「計量管理」について1冊にまとめた成書は、国内のみならず国外を見渡しても、筆者らの知る限り見当たらない。計量管理について知っておくべき内容をまとめた「教科書」の存在は、計量管理を学ぶためだけでなく、計量管理とはなにかの「定義」としても必要であろうというのが、本書執筆の動機である。したがって、計量士を目指す人が計量管理について基礎からじっくり学ぶことができると同時に、すでに計量士の資格を持つ人が改めて自らの知識・理解を確認し深める目的にも本書を利用いただけたらと考えている。

ただし、計量管理（あるいは計測管理）という技術分野は、広く計量・計測の目的を効率的に達成するための体系的な管理技術を扱うものであり、単に計量士が知っておくべき内容というにとどまるものではない。その意味で本書は、企業・校正機関・試験機関などにおける計測のマネジメント技術について、計測技術者が知っておくべき内容ともなっている。本書の副題を「計量士および計測技術者のための」としたのはそのためである。すなわち本書は

- ① 計量士国家試験の科目「計量管理概論」の内容を基礎から学ぶこと
- ② 測定に関わる技術者が、どうすれば信頼できる測定ができるかを学ぶこと

の二つの目的で利用されることを期待している。

本書は、1992（平成4）年に当時の計量管理協会から発行され、コロナ社から発売されていた『計測管理必携 技術者の基礎と実践のために』をもとに、この間の技術や社会の発展を反映させる形で編集した。『計測管理必携』は計量管理の教科書に近いものであるが、それが作成されてからすでに28年の歳月が経過している。この間、1993年には、計量に関わる国際文書として「測定における不確かさの表現のガイド」（GUM）および「国際計量基本用語」（VIM）が出版された。これらは、1997年に結成された計測におけるガイドのための国際合同委員会（JCGM）などの活動を通じて、計量活動の中で共通に使うべきガイド・用語集として国際的に広く認知されるようになった。さらに、これらを規范文書として、国際的・国内的なトレーサビリティ体制が整備されるなど、計量をめぐる情勢が大きく変化している。このような状況の中で、『計測管理必携』におき換わる新しい計量管理の教科書として執筆したものが本書である。

本書を作成するために、日本計量振興協会の中に、つぎの委員会を立ち上げた。

計量管理新教科書作成委員会（委員長：今井秀孝）

さらに、作成委員会の下に、執筆者で構成するつぎの作業部会を組織した。

計量管理新教科書作成作業部会（部会長：小池昌義）

作成委員会では、計量管理に関わるさまざまな立場・観点から、新教科書の構成案の検討、作業部会が作成した原稿への修正意見の提示を行った。作業部会では、作成委員会の意見をともに、原稿の執筆、調整、確認を行った。

各章の執筆担当は以下のとおりである。

- 1章 こいけまさよし 小池昌義, ねだかずお 根田和朗
- 2章 小池昌義
- 3章 しかくめかずひろ 四角目和広, にのみやしんいち 二ノ宮進一, えはらけんせい 榎原研正
- 4章 しろのかつひろ 城野克広
- 5章 あちわまさゆき 榎原研正, 阿知波正之, 四角目和広
- 6章 なかもとふみお 中本文男, 小池昌義
- 7章 阿知波正之, 小池昌義
- 8章 うえまつよしのぶ 植松慶生, きつかわいさお 吉川勲, なかのひろゆき 中野廣幸

作業部会の幹事である榎原研正氏には、本書作成の準備・実施、原稿内容のとりまとめなど一連の作業をお願いした。

執筆期間中に、計量・計測に関わる大きな動きが三つあった。一つめは、SI基本単位の定義の改訂で、2018年11月に国際度量衡総会で決議され、2019年5月に発効した。これについては、改訂内容を本書の記述に反映させた。二つめは、JIS Z 8103「計測用語」の改正である。VIM, GUMの用語をとり入れた大改正であり、また、改正後の計測用語JISは、今後の計量士の試験問題に大きく関わると考えられることから、できる限り改正JISの内容に対応した。三つめは、計量行政審議会答申を踏まえた政省令の改正である。具体的には、自動はかりが特定計量器として追加されたほか、指定検定機関の指定に器差検定を中心に行う区分、さらに、計量士の資格認定における一般計量士の実務経験期間の短縮などに関する改正が行われた。これについては1章1.3節の中に反映させた。

このように、新しい技術や知見を盛り込んだ計量管理の教科書を世に送り出すことができ、執筆者、編集者一同の喜びとするところである。最後に、本事業の実施を承認し、推進いただいた一般社団法人日本計量振興協会に深く感謝する。また、出版にあたって多大なご協力をいただいたコロナ社に厚くお礼を申し上げる。

2020年4月

執筆者代表 小池 昌義

本書の使い方

本書の全体構成を図0.1に示す。図0.1は、測定の流れと本書の各章との対応を示しており、本書のどこになが書かれているかを示している。

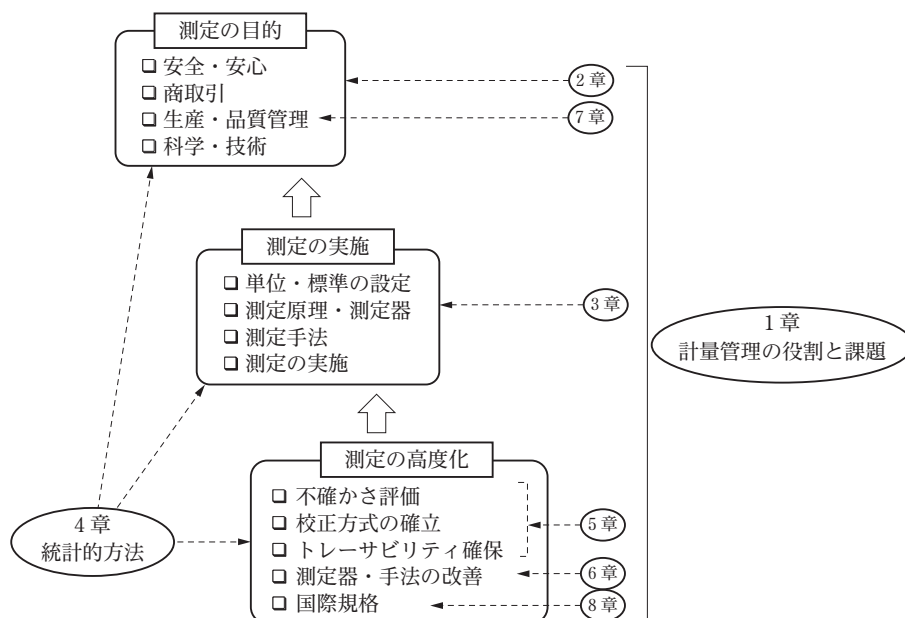


図0.1 本書の全体構成

図0.1では、測定の流れを以下の三つの島で示している。

- ① 測定の目的：なんのために測定するか、どのような場面で測定を行うか。
- ② 測定の実施：測定を実施するためにながが必要か。
- ③ 測定の高度化：測定をより確実に行うためにはどうすればよいか。

すなわち、「測定の目的」を達成するために、「測定を計画し、実施」する。さらに、その測定の信頼性を上げていくために「測定を高度化」する。このような測定の流れを確実にを行うために、計量管理が行われる。

計量管理は測定を中心とする計測活動の体系を管理することである。そのため、いろいろな技術分野における計測活動全体に共通的な考え方を整理し、それを実行することが計量管理には求められる。個々の量の測定の流れを確実にを行うための共通技術が本書の対象である。その意味で、計測工学の教科書とは異なり、個々の量の測定技術については扱っていない。4章には、計量管理に必要な、すなわち測定の流れの中で必要な統計的方法についてまとめ、各章で

の手法を理解するために随時参照できるようにした。

各章は、概要、キーワード、本文、演習問題の順に記述されている。本文とは別枠の「コラム」には、本文の流れには必ずしも沿わないが、知っておく価値のある、もしくは本文の理解を深めると思われる話題をとりあげた。単なる息抜きと思わず、一定の注意を払って読んでいただきたい。

本書の執筆の基礎となった国際計量基本用語（VIM）および測定における不確かさの表現のガイド（GUM）は、多くの章で引用されている。いずれの文書も、英文についてはBIPMのウェブサイトから無料で入手可能であり、日本語訳についてはそれぞれ以下の文献が参考になる。

- ・ JIS Z 8103：2019「計測用語」 完全にVIMと同じではないが、VIMの用語番号を通して対応をとることができる（JIS Z 8103 解説参照）。
- ・ 測定における不確かさの表現のガイド [GUM] ハンドブック、日本規格協会（2018）
GUM（ISO/IEC Guide 98-3）の翻訳である旧 TS Z 0033：2012 を収録している。

章末の演習問題は、8章を除いて、いままでに計量士国家試験で出題された問題の中から、それぞれの章の内容に関わる代表的な問題を掲載した。8章の国際規格に関わる話題は比較的新しく、いままでそれに関わる問題はあまり出題されていなかったため、新しく作成した。演習問題の正解番号は巻末に掲載したが、解説は含めていない。問題解説については、例えば日本計量振興協会（www.nikkeishin.or.jp）から「速版／第〇回計量士国家試験問題と解説」が毎年提供されている（〇には国家試験の回数が入る）ので、これらを参照していただきたい。

なお、本書の中で、試験問題、法令、規格などからの直接的な引用の場合、引用元の用語やかな遣いを採用しており、本文の用語やかな遣いとは異なるので注意してほしい。

読者の理解を助けるために、「英略語一覧」（表0.1）、「ギリシャ文字の読み方」（表0.2）を掲載した。また、基礎的な統計数値表（正規分布表、 t 分布表、 F 分布表）を巻末に掲載した。

表0.1 英略語一覧（ABC順）

略語	英文 日本語
A2LA	American Association for Laboratory Accreditation 米国試験所認定協会
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
APAC	Asia Pacific Accreditation Cooperation アジア太平洋認定協力機構
APLMF	Asia-Pacific Legal Metrology Forum アジア太平洋法定計量フォーラム
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme アジア太平洋計量計画
BIML	International Bureau of Legal Metrology 国際法定計量事務局

表 0.1 (つづき)

略 語	英 文 日本語
BIPM	International Bureau of Weights and Measures 国際度量衡局
CERI	Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan 一般財団法人 化学物質評価研究機構
CGPM	General Conference on Weights and Measures 国際度量衡総会
CIML	International Committee of Legal Metrology 国際法定計量委員会
CIPM	International Committee for Weights and Measures 国際度量衡委員会
CMC	Calibration and Measurement Capability 校正測定能力
CODATA	Committee on Data for Science and Technology 科学技術データ委員会
GUM	Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement 測定における不確かさの表現のガイド (不確かさガイド)
IEC	International Electrotechnical Commission 国際電気標準会議
IFCC	International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine 国際臨床化学連合
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation 国際試験所認定協力機構
ISO	International Organization for Standardization 国際標準化機構
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry 国際純正・応用化学連合
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics 国際純粋・応用物理学連合
JAB	Japan Accreditation Board 公益財団法人 日本適合性認定協会
JCGM	Joint Committee for Guides in Metrology 計測におけるガイドのための国際合同委員会
JCSS	Japan Calibration Service System 計量法トレーサビリティ制度
JEMIC	Japan Electric Meters Inspection Corporation 日本電気計器検定所
JISC	Japanese Industrial Standards Committee 日本産業標準調査会
JNLA	Japan National Laboratory Accreditation System 産業標準化法 (略称: JIS 法) 試験事業者登録制度
JQA	Japan Quality Assurance Organization 一般財団法人 日本品質保証機構
JSA	Japanese Standards Association 一般財団法人 日本規格協会
KCDB	Key Comparison Database 基幹比較データベース

表 0.1 (つづき)

略 語	英 文 日本語
MRA	Mutual Recognition Arrangement 国際相互承認の取決め
NATA	National Association of Testing Authorities, Australia (オーストラリアの試験所認定機関)
NITE	National Institute of Technology and Evaluation 独立行政法人 製品評価技術基盤機構
NMI	National Metrology Institute 国家計量標準機関
NMIJ	National Metrology Institute of Japan 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター
NVLAP	National Voluntary Laboratory Accreditation Program 米国自主試験所認証プログラム
OIML	International Organization of Legal Metrology 国際法定計量機関
SI	International System of Units (英語) Système International d'Unités (仏語) 国際単位系
TC	Technical Committee (ISO で) 専門委員会
UKAS	United Kingdom Accreditation Service (英国の認証機関認定審議会)
VIM	International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM) 国際計量基本用語 (ISO/IEC Guide 99 : 2007)
VLAC	Voluntary EMC Laboratory Accreditation Center Inc. 株式会社 電磁環境試験所認定センター

表 0.2 ギリシャ文字の読み方

小文字	大文字	英語表記	読 み	小文字	大文字	英語表記	読 み
α	A	alpha	アルファ	ν	N	nu	ニュー
β	B	beta	ベータ	ξ	Ξ	xi	グザイ, クシー
γ	Γ	gamma	ガンマ	o	O	omicron	オミクロン
δ	Δ	delta	デルタ	π	Π	pai	パイ
ϵ	E	epsilon	イプシロン	ρ	P	rho	ロー
ζ	Z	zeta	ゼータ, ツェータ	σ	Σ	sigma	シグマ
η	H	eta	イータ	τ	T	tau	タウ
θ	Θ	theta	シータ	υ	Υ	upsilon	ウプシロン
ι	I	iota	イオタ	ϕ	Φ	phi	ファイ
κ	K	kappa	カッパ	χ	X	chi	カイ
λ	Λ	lambda	ラムダ	ψ	Ψ	psi	プサイ
μ	M	mu	ミュー	ω	Ω	omega	オメガ

(注) 偏微分の記号 ∂ は, デル, ディー, もしくはパーシャルディーなどと読まれる。

目 次

1 章 計量管理の役割と課題

1.1	はじめに：計量管理で使われる用語	1
1.1.1	「はかる」という言葉	1
1.1.2	測定，計測，計量などの用語の選択	2
1.1.3	測定の分野による計測関連用語の違い	4
1.2	計量管理の進め方	6
1.2.1	計量管理の目的	6
1.2.2	計量管理の業務	7
1.2.3	測定の計画	8
1.2.4	測定の実施	9
1.2.5	測定結果の活用	11
1.2.6	計量活動のマネジメント	12
1.3	計量管理と計量法	13
1.3.1	計量法の歴史	13
1.3.2	計量法の内容	14
1.3.3	計量士の役割	19
1.4	計量管理と国際機関，国際規格	20
1.4.1	計量関連の国際機関	20
1.4.2	計測技術に関わる会議と規格	21
1.4.3	試験所認定・マネジメントシステムに関わる規格	24
	演習問題	25

2 章 計量の活用

2.1	社会における測定	26
2.2	公正な商取引のための測定	27
2.2.1	測定結果の一致	27
2.2.2	取引の場面	28
2.3	安全・安心のための測定	29
2.3.1	試料のサンプリング	29
2.3.2	標準物質によるトレーサビリティ	30
2.3.3	規格適合性の問題	30
2.4	科学・技術のための測定	31

2.4.1	科学と技術の目的	31
2.4.2	測定と研究のプロセス	32
2.5	生産活動のための測定	32
2.5.1	生産活動と品質	32
2.5.2	生産システムと計測	34
2.5.3	計測管理システム	36
2.5.4	製品の誤差と測定の誤差	38
2.6	計量の活用のまとめ	38
	演習問題	39

3章 測定の基礎

3.1	量と単位	41
3.1.1	量の表し方	41
3.1.2	量体系と単位系	43
3.2	国際単位系 (SI)	43
3.2.1	SI導入の経緯	43
3.2.2	SI基本単位とSI組立単位	44
3.2.3	一貫性のある単位系	45
3.2.4	SI接頭語	46
3.2.5	SIとの併用が許容される非SI単位	46
3.2.6	SIの使い方	47
3.3	測定の仕組み	49
3.3.1	尺度	49
3.3.2	測定的方式	50
3.4	測定対象量と測定システム	52
3.4.1	測定対象量の選択	52
3.4.2	測定システム	52
3.5	データの取扱い	53
3.5.1	有効数字	53
3.5.2	演算後の有効数字	53
3.5.3	数値の丸め方	54
3.6	データの伝送と処理	55
3.6.1	測定におけるコンピュータの役割	55
3.6.2	データ伝送	58
3.6.3	データ伝送の概要	60
3.6.4	アナログ信号のデジタル信号化	61
3.7	計測と制御	62
3.7.1	自動化とは	62
3.7.2	制御系構成の考え方	63

3.7.3	制御系の表現	64
3.7.4	制御系の安定性と調整法	67
3.7.5	信頼性と信頼度	68
3.8	信頼性・保全	69
3.8.1	信頼性の概念	69
3.8.2	機能性の設計	70
3.8.3	故障と保全の分類	70
3.8.4	信頼性の尺度と保全	71
3.8.5	ワイブル分布	73
3.8.6	システムの信頼性	74
	演習問題	75

4章 計量管理における統計的方法

4.1	統計学の基本的な用語と考え方	78
4.1.1	母集団と標本	78
4.1.2	確率変数と確率分布	79
4.1.3	母平均と標本平均	82
4.1.4	母分散, 母標準偏差と標本分散, 標本標準偏差	84
4.1.5	確率変数の線形和	85
4.2	さまざまな確率分布	86
4.2.1	正規分布および正規母集団からの統計量の分布	86
4.2.2	その他の連続分布	90
4.2.3	離散分布	92
4.2.4	標本平均の分布	93
4.3	推定と統計的検定	95
4.3.1	推定量と推定値	95
4.3.2	母平均の点推定	95
4.3.3	母分散の点推定	96
4.3.4	母平均の区間推定	98
4.3.5	二つの母平均の違いの統計的検定	99
4.3.6	二つの母分散の違いの統計的検定	101
4.4	分散分析	102
4.4.1	実験計画法と分散分析	102
4.4.2	実験計画法と分散分析の用語	103
4.4.3	一元配置の実験計画と分散分析	107
4.4.4	多元配置と多段枝分かれの実験計画と分散分析	110
4.4.5	直交表を使った実験計画	115
4.4.6	分散分析による母分散の推定方法	117
4.5	相関分析	118
4.5.1	相関分析の目的	118

4.5.2	標本共分散・標本相関係数	119
4.5.3	母共分散・母相関係数	121
4.5.4	相関分析の注意点（層別，非直線の関係）	122
4.6	回 帰 分 析	123
4.6.1	回帰分析とは	123
4.6.2	直線のあてはめ	124
4.6.3	回帰直線による予測と推定	126
4.6.4	回帰直線からのばらつきと直線回帰の妥当性	127
4.6.5	回帰分析に基づく推定のばらつき	129
	演 習 問 題	132
4	章 付 録	134
	付録A 変量因子を含む二元配置の分散分析	134
	付録B 直交表を使った実験計画と分散分析	136

5 章 測定信頼性の確保と評価

5.1	測定の信頼性	139
5.2	測定の信頼性に関わる用語	140
5.3	測定のトレーサビリティ	140
5.3.1	トレーサビリティとはなにか	140
5.3.2	トレーサビリティの確保	143
5.4	測定標準	144
5.4.1	さまざまな測定標準	144
5.4.2	わが国の標準供給制度	146
5.4.3	測定標準の国際整合性	147
5.5	測定器の校正	147
5.5.1	校正とはなにか	147
5.5.2	校正・補正・調整	148
5.5.3	校正式の求め方	149
5.5.4	校正後の測定誤差	155
5.5.5	定期校正における点検と修正	157
5.5.6	定期校正における校正間隔と修正限界の決め方	159
5.6	測定の信頼性の指標	162
5.6.1	信頼性評価の必要性	162
5.6.2	測定誤差	163
5.6.3	不確かさ	166
5.6.4	測定器の性能指標	170
5.7	不確かさの評価と利用	170
5.7.1	測定モデル	170
5.7.2	標準不確かさのタイプA評価	171

5.7.3	標準不確かさのタイプ B 評価	172
5.7.4	不確かさの合成	174
5.7.5	不確かさの表現	176
5.7.6	環境計量における不確かさ評価	177
5.7.7	不確かさを考慮した合否判定	178
5.7.8	測定結果の同等性	180
5.8	測定誤差の大きさの評価	181
5.8.1	誤差評価と不確かさ評価の違い	181
5.8.2	測定誤差の大きさ	181
5.9	測定の SN 比と SN 比誤差	187
5.9.1	測定の SN 比とはなにか	187
5.9.2	SN 比を用いた測定誤差の評価	189
5.9.3	M_i の厳密値が不明のときの SN 比の評価	191
5.10	実際の測定環境下での測定の信頼性	192
5.10.1	校正時の測定と実際の測定の違い	192
5.10.2	実際の測定環境下での誤差の評価方法	193
5.10.3	実際の測定環境下での誤差評価の例	195
5.10.4	ゲージ R&R	197
5.10.5	測定の精密さが工程能力指数に及ぼす影響	200
5.11	測定の信頼性の確保	201
5.11.1	信頼性確保の考え方	201
5.11.2	環境計量における信頼性の確保	203
	演習問題	204

6章 測定システムの設計・評価・改善

6.1	計測設計の概要と運用	206
6.1.1	計測設計とは	206
6.1.2	計測設計で用いる品質工学の方法	207
6.1.3	設計・改善の指標——損失関数と SN 比	208
6.1.4	実験計画法の活用	209
6.2	計測の経済性評価	210
6.2.1	損失関数と測定誤差による損失	210
6.2.2	損失関数の製造工程の管理への応用	212
6.3	測定の SN 比の応用	214
6.3.1	SN 比の評価手順	214
6.3.2	SN 比による評価の特徴と計算例	216
6.4	パラメータ設計	218
6.4.1	パラメータ設計とは	218
6.4.2	パラメータ設計の手順	221

6.4.3	パラメータ設計の事例	221
6.5	校正方式の設計事例	226
6.5.1	校正方式の概要	226
6.5.2	校正の種類ごとの SN 比誤差の計算事例	226
	演習問題	231

7章 品質管理と計量管理

7.1	品質管理の基礎	234
7.1.1	日本における品質管理の変遷	234
7.1.2	品質とは	235
7.1.3	品質の改善	235
7.2	品質の改善の技法	236
7.2.1	数値データに対する技法	236
7.2.2	管理図	238
7.2.3	言語データに対する技法	241
7.3	検査	243
7.3.1	検査の役割	243
7.3.2	実施段階による検査の区分	243
7.3.3	実施方法による検査の区分	244
7.4	母集団とサンプリング	246
7.4.1	基本概念	246
7.4.2	サンプリングの方法	246
7.5	品質管理における計測	248
7.5.1	検査における測定	248
7.5.2	製造工程における測定	249
7.5.3	開発・設計における測定	250
7.6	標準化	251
7.6.1	標準化とは	251
7.6.2	産業標準化	251
7.6.3	社内標準化	252
7.7	商品量目の管理	254
7.7.1	商品量目とは	254
7.7.2	製造事業者における商品量目の管理	255
7.7.3	販売事業者における商品量目の管理	258
	演習問題	259

8章 計量管理と国際規格

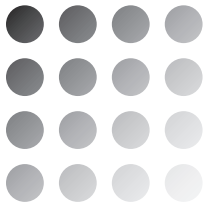
8.1	計量管理における国際規格の役割	261
-----	-----------------	-----

8.2	ISO/IEC 17025	262
8.2.1	ISO/IEC 17025 の特徴	262
8.2.2	ISO/IEC 17025 : 2017 要求事項の概要	262
8.2.3	ISO/IEC 17025 に基づく試験所認定制度	264
8.3	ISO 9001 と計量管理	266
8.3.1	ISO 9001 の特徴	266
8.3.2	プロセスアプローチ	267
8.3.3	要求される計量管理	267
8.4	ISO 10012	270
8.4.1	ISO 10012 の特徴	270
8.4.2	ISO 10012 の使い道	270
8.4.3	ISO 10012 の構成	271
8.4.4	ISO 10012 の特徴的な要求事項	271
	演習問題	274
	付 表	276
	付表1 標準正規分布の上側確率 ϕ と上側 100 ϕ % 点 z_ϕ	276
	付表2 自由度 ν の t 分布の上側確率 ϕ と上側 100 ϕ % 点 $t_\phi(\nu)$	276
	付表3 自由度 ν_1, ν_2 の F 分布の上側 5 % 点 $F_{0.05}(\nu_1, \nu_2)$	277
	引用・参考文献	278
	演習問題正解番号	282
	索 引	283

コ ラ ム

1 章		
1.A	「計量」と「計測」	2
1.B	計測, 計量, 測定などの計測用語の JIS での定義	3
1.C	なぜ用語が重要か	5
1.D	「指示値」, 「測定値」, 「測定結果」	10
1.E	計量士の沿革	19
1.F	VIM と GUM	22
3 章		
3.A	量 の 次 元	42
3.B	SI 以外の単位系	47
3.C	放射線に関わる量と単位	48
3.D	国際単位系の 2019 年改訂	48
3.E	四捨五入でかたよりが生じる場合	54
3.F	10 進数と 2 進数の間の変換	58

3.G	ラプラス変換	66
3.H	制御工学	68
4章		
4.A	離散的な値と連続的な値	80
4.B	確率論と統計学	83
4.C	独立と従属	86
4.D	中心極限定理の拡張	94
4.E	分散の不偏性	97
4.F	有限母集団修正	98
4.G	「回帰」の由来	124
5章		
5.A	内部校正と外部校正	148
5.B	回帰式と校正式	152
5.C	点検間隔 n と修正限界 D の最適化の例	161
5.D	誤差か情報か	163
5.E	ばらつきかかたよりか	164
5.F	「量」, 「真値」, 「測定値」	171
5.G	要因効果の加法性	189
5.H	β の二乗の推定値と β の推定値の二乗	191
5.I	誤差因子の水準	195
5.J	ゲージ R&R の由来	197
6章		
6.A	動特性と静特性	208
6.B	技術用語の使い方の違い	227
7章		
7.A	QC 七つ道具	242
7.B	抜取検査の用語	245
7.C	合理的な許容差の決め方	257
8章		
8.A	ISO/IEC 17025 と試験所認定の歴史	264
8.B	試験所認定の国際相互承認	265



1 章 計量管理の 役割と課題

本章では、測定活動および計量活動と対応させて計量管理の役割と課題について述べる。ここで、測定活動とは、測定を行い、測定結果を得るための、実際に測定を実施する流れである。また、計量活動とは、測定の目的に沿って測定を計画し、測定活動を行い、確実に測定の目的を達成するという一連の業務の流れである。測定活動、計量活動の全体の流れを管理しサポートするのが、計量管理活動である。信頼性の高い測定を行うためには、計量管理技術が必要であることを明確にする。

キーワード：計量、計測、測定、計量管理、計量法、国際規格

1.1 はじめに：計量管理で使われる用語

計量管理技術の中で使われる用語、例えば測定、計測、計量、また計量管理、計測管理などについて、現状では必ずしも統一のな使われ方がされていない。そのため最初に、本書で用いる用語を整理し、それぞれの用語で指す内容を明確にする。

1.1.1 「はかる」という言葉

歴史的に見れば、「はかる」には、測る、量る、衡る、計るなどの漢字が与えられ、その対象の量によって漢字が選択されていた。生活の基盤である「度量衡」、すなわち度＝長さ、量＝体積、衡＝質量に対応して、「長さを測る」、「体積を量る」、「質量を衡る」という形で使われており、「はかる」という漢字だけでなにを測定しているかは明確であった。それぞれの測定は個別の行為として認識されていたといえる。時代を経て、測定の対象が拡大し、「時間を計る」や「数量を計る」なども使われるようになってきた。そのような「はかる」行為について、その共通性を強く意識して、「計量」あるいは「計測」として認識するようになったのは、近代科学の発展と産業革命後の近代工業の進展と並行しており、さらにいえば、現代の科学と技術の成立以後のことである。

度量衡の国内的な統一をはじめて行ったのは秦の始皇帝であり、中国全土の統一がきっかけであったといわれている。それは、中国全体の統一意識を高揚させるとともに、租税を確実に徴収するためであったといわれている。また、フランスにおけるメートル法による度量衡の国内的な統一も、フランス革命による統一国家の成立がきっかけになっている。フランス革命前は、フランス国内の各地は独自の度量衡システムを持っていた。封建国家から統一国家への

歴史の進展に伴い、統一的な支配が必要になったことがきっかけになっている。19世紀には、地球の大きさという客観的な基準をもとにしたメートル法の有用性が世界的に認められ、グローバリズムの進展とともに、世界標準となった。現在は、さらに発展させて、物理定数、物理現象をもとにしたより客観的な単位系を整備していこうという方向性が示されている。

本書では、個々の測定の技術問題ではなく、「はかる」ことを確実に行うために測定にとって共通的に必要な技術を計量管理技術として述べる。

1.1.2 測定、計測、計量などの用語の選択

「はかる」ことの共通技術としての計量管理技術の教科書を始めるにあたって、本書で用いる用語の選択の方針について述べる。

- ① 「測定」とは、ある単位量との比較をもとに、測定対象量を数値と単位によって表す作業的な行為を指す。
- ② 「計測」とは、測定の作業を中心に、その測定の目的設定、計画、実施、結果の活用によって測定の所期の目的を達成させるための一連の流れを指す。
- ③ 「測定」と「計測」とは、「作業的な行為」と「一連の流れ」という意味で違いがあり、対象が明確な場合にはこれらを区別して用いる。
- ④ 「計量」は、「測定」を意味する使われ方も、「計測」を意味する使われ方もある。
- ⑤ 「計量管理」と「計測管理」、「計量」と「計測」の用語は、多くの場合、同義として用いても差し支えない（コラム 1.A 参照）。本書の中では、主として「計量」を用いる。ただし、工業計測に関わる場合には「計測」を用いる。

このような表現の多様性の背景には、1.1.1 項で述べたように、測定の作業は歴史・社会の中のいろいろな場面や技術分野で行われており、それらが行われる場面によって、考え方が異なったまま発展してきたことがある。しかし、実際の使用例を見ていると、例えば「質量を計

コラム 1.A 「計量」と「計測」

「計量」と「計測」の用語は、それが使われる技術分野や企業などによって使い分けられている。JIS Z 8103「計測用語」の定義では、「計量」は「公的に定めた測定標準を基礎とする計測」、すなわち計量法に関わる業務のところで使用がいままで多かったことが示唆されている。一方、“metrology”の訳語として、計測とほぼ同義で「計量」または「計量計測」が使われる例も増えている。

計量、計測の管理技術である「計量管理」、「計測管理」の用語についても、同じような状況がある。従来から工業計測の多くの場合で「計測」を使用していることから、生産のための計測（工業計測）では「計測管理」が使用され、特に計量法に関連した業務である計量では、その管理技術として「計量管理」が使用される場合が多かった。JIS Z 8103の定義に従えば、計測管理は「計測活動の体系を管理すること」であり、そこから敷衍すれば、計量管理は「計量活動の体系を管理すること」となる。計測と計量をほぼ同義で使用するならば、計測管理と計量管理はほぼ同義で使用できる。多くの場合、「計量管理」を「計測管理」に置き換えて読んでも問題はない。また、逆も真である。

測する」とか「質量を計量する」の言葉によって、前後関係から判断して、単に「質量を測定する」を指している場合もある。このように、一般社会では、測定と計測や計量が明確に使い分けられていないことも多い。

本書は計量管理の教科書であるため、「計量」を中心に使用する。ただし、作業的な行為としての「測定」には「計量」を使用しない。そのため、多くの場合、「計量」を「計測」と置き換えて読むことが可能である。なぜなら、計量管理の考え方は、従来から工業計測において活用されている計測管理の考え方と同じだからである。特に、計測用語として区別することが必要な場合には、「測定」または「計測」を使い分けることとする。

本書の用語の使い方は、全体としては JIS Z 8103 「計測用語」^{1)†}の考え方に則っている。JIS Z 8103 では、「測定」は測定値を得るための作業的な部分を指し、「計測」はある目的を設定し、測定値を得て、その目的を達成する一連の流れを指し、また、「計量」は公的な側面を強調している、という形で使い分けられている（コラム 1.B 参照）。一方、本書では、「計測」と「計量」はほぼ同義として、多くの場合「計量」を用いている。図 1.1 に、「計測」、「計量」、「測定」の各用語がカバーする範囲について、本書と JIS Z 8103 との比較を示す。

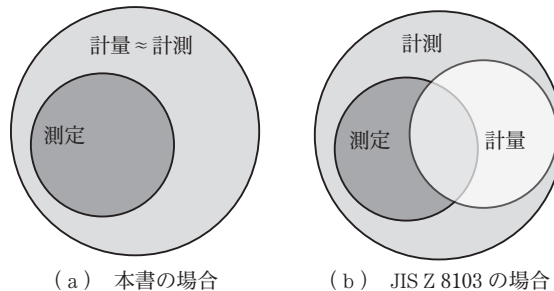


図 1.1 「計測」、「計量」、「測定」の用語のカバー範囲の比較

コラム 1.B 計測，計量，測定などの計測用語の JIS での定義

JIS Z 8103：2019 「計測用語」では、つぎのように用語が定義されている。

計測：特定の目的をもって、測定の方法及び手段を考究し、実施し、その結果を用いて所期の目的を達成させること。

計量：公的に取り決めた測定標準を基礎とする測定。

測定：ある量をそれと同じ種類の量の測定単位と比較して、その量の値を実験的に得るプロセス (measurement)。

計測管理：計測の目的を効率的に達成するため、計測の活動全体を体系的に管理すること。

計測学：測定及びその応用の科学 (metrology)。

注記 “metrology” は「測定学」、「計量学」または「計量計測」とも訳される。

† 肩付きの数字は、巻末の引用・参考文献を表す。

「計測」, 「計量」, 「測定」以外の専門用語について, 本書は JIS Z 8103 「計測用語」に則っている。

1.1.3 測定分野による計測関連用語の違い

計測用語のもう一つの問題として, JIS の中でも JIS Z 8101 「統計用語」と JIS Z 8103 「計測用語」との間で用語の違いがあった, という歴史的な問題がある。特に, 測定値の「精度」など測定値の評価に関わる用語である。統計用語の JIS²⁾~⁴⁾は主として化学計測での測定プロセスをもとにして開発され, 計測用語の JIS¹⁾は物理・機械計測での測定プロセスをもとにして開発されてきた。それぞれ化学あるいは物理・機械の技術的背景により, 測定値の「精度」などを表現する用語に違いが生じていた。

しかし, 2019 年に計測用語 JIS が改正されたことを契機に, それらの違いが解消されつつある。その背景には, 国際計量基本用語 (VIM)⁵⁾の用語を JIS にとり込むことにより, JIS Z 8103 「計測用語」を化学分野も含め全計測分野で利用可能にしたいという JIS 改正の意図がある。しかし, 長く使われてきた用語は一朝一夕に変わるものではない。しばらくは注意しながら使うことが必要である。

表 1.1 に, 測定値の評価に関わる用語について, 2019 年の改正 JIS とそれ以前の JIS での用語の対比を示す。JIS Z 8103 : 2019 「計測用語」が 2019 年の改正による用語であり, 右の欄に JIS Z 8101-2 : 2015 「統計用語」と旧規格である JIS Z 8103 : 2000 「計測用語」の用語を示す。「精度」が分野によりまったく異なる意味を指していたこと, 「精確さ」, 「正確さ」と同じ発音の用語が別の意味で使われてきたことがそれまでの問題であった。2019 年の改正で, その差異が整理された。ここに示したのは見出し語であるが, JIS では, 最初に書かれた見出し語を第一候補として使用することが推奨されている。なお, 規格番号の後に「: 2019」などの年号が付されている場合はその年に発行された規格を, また年号が付されていない場合はその規格の最新版を示す。

表 1.1 測定値の評価に関わる用語の見出し語の比較 (計測用語 JIS 解説より引用)

英語とその概念	JIS Z 8103 : 2019 計測用語	JIS Z 8101-2 : 2015 統計用語	JIS Z 8103 : 2000 旧・計測用語
accuracy 総合的な良さ	精確さ 総合精度	精確さ 総合精度	精度
trueness かたよりの小さい程度	真度 正確さ	真度 正確さ	正確さ
precision ばらつきの小さい程度	精密さ 精度	精度 精密度 精密さ	精密さ 精密度

JIS Z 8103 : 2019 「計測用語」での定義はつぎのとおりである。

精確さ, 総合精度 (accuracy) : 測定値と測定対象量の真値との一致の度合い。

真度，正確さ (trueness)：無限回の反復測定によって得られる測定値の平均と参照値との一致の度合い。

精密さ，精度 (precision)：指定された条件の下で，同じ又は類似の対象について，反復測定によって得られる指示値又は測定値の間の一致の度合い。

「**精確さ**」の定義は VIM の定義を採用したものであるが，その内容は，計測用語の旧 JIS (JIS Z 8103：2000) での「**精度**」の定義「測定結果の正確さと精密を含めた，測定量の真の値との一致の度合い」と同じである。すなわち，「**精確さ**」は計測用語の旧 JIS (JIS Z 8103：2000) では「**精度**」と呼んでいたものである。計測用語の新 JIS (JIS Z 8103：2019) では「**精確さ**」または「**総合精度**」である。また，計測用語の旧 JIS では，「**真度，正確さ**」は「**かたよりの小さい程度**」，「**精密さ，精度**」は「**ばらつきの小さい程度**」と定義されていたが，計測用語の新 JIS では，かたよりやばらつきの内容を統計的にどのように表現するか概念を示す定義となっている。

表 1.2 には，「**精密さ**」を表現するための，同一または類似の測定対象についての複数回の測定 (反復測定という。) での「**指定された条件**」の違いを示す用語の規定を整理している。例えば，repetition (短時間の間の複数回の測定) の訳語として，1 回の測定に時間がかかり，複数の測定を併行して行う分析化学の場合と，比較的短時間で 1 回の測定を終えることができ，複数の測定を短時間に経時的に行うことができる物理・機械計測の場合とでは異なる訳語，すなわち，それぞれ「**併行測定**」，「**繰返し測定**」が与えられていた。同じ訳語を共通的に使えるように併記して計測用語 JIS の中にとり込んでいる。

コラム 1.C なぜ用語が重要か

計量管理の教科書を始めるにあたって，用語の問題を述べてきたが，技術を厳密に説明するためには不可欠の問題であると考えてほしい。例えば，用語「**精度**」を使うとき，一般的に「**精度の良い測定を行う**」という場合には，その「**精度**」が**精確さ**を指しているか，**真度**を指しているか，**精密さ**を指しているかは明確にする必要はなく，一般用語として「**精度**」を使っていることが多い。一方，技術的に測定結果の評価を議論する場合には，「**精度**」でなにを指しているか，どのような意味で**精度**が良いのかを明確にすることが必要であり，専門用語としての計測用語の定義に従って話を進めることが必須である。

用語の定義とは，その用語の共通認識を表現しており，関係者が説明を付加することなく議論を進めることができる。ある技術分野の規格 (標準) を開発する際，まず，どのような用語を使うかを明確にすることから始まる。VIM の作成のとき，最初の用語「**量**」の議論が丸 1 日以上続けられたといわれている。用語はコミュニケーションの手段である。一般用語として使うか，専門用語としての計測用語として使うか，用語を使う場面に注意しておくことが重要である。

2019 年の計測用語の JIS 改正を機会に，専門技術分野間の相互理解がさらに進むと考えられる。しかし，専門技術分野によって計測に使われる用語の意味するところが異なっていたという歴史があったこと，また，用語の見出しは統一されたが，まだ複数の見出し語が併記されていることには注意してほしい。

索引

【あ】

アイテム	69, 74
アジア太平洋計量計画	21
アナログ信号	59
アナログ伝送	59
アベイラビリティ	71
アローダイアグラム	242

【い】

異常値	11
位相変調	60
一元配置	108
一次測定標準	145
一様分布	90, 172, 173
一貫性	45
——のある単位系	45
一般計量士	19
移動用測定標準	145
陰故障	70
因子	103
対応がある——	104
対応がない——	104
インパルス応答	66

【う】

後向き伝達関数	67
内側配列	220
上側確率	80

【え】

枝分かれ	110
------	-----

【お】

応答特性	155, 182
オフライン	34
オフライン計測	33, 35, 248
オンライン	34
オンライン計測	35, 248

【か】

回帰式	152
回帰直線	127
回帰分析	123, 151, 153
回帰方程式	123, 127
開発・設計における測定	250
外部校正	148

外部精度管理	204
科学	31
科学技術データ委員会	32
拡張不確かさ	141, 176
確認実験	226
確率質量関数	79, 92
確率分布	79
確率変数	79
確率密度関数	81, 172
仮説	100
片側規格	31
傾きの校正	149
かたより	141, 163
過程決定計画図	243
過渡応答	66
ガードバンド	179, 249
間隔尺度	50
間隔尺度量	50
環境計量	29
——における信頼性確保	203
——における不確かさ要因	178
環境計量（濃度）	30
環境計量士	19
環境マネジメントシステム	270
勧告 INC-1	166
間接測定	50
完全な測定結果	12
——の報告	177
観測値	10
感度	170
感度係数	174
管理限界線	239
管理限界値	178
管理コスト	212
管理図	238

【き】

規格適合性	29, 30
基幹比較	147
危険率	100
技術	31
基準器検査	17
基準点校正	151, 152, 182
基準点比例式校正	153
期待値	82, 84
機能	70, 207

技能試験	203
機能性	35, 70, 207, 251
基本単位	43
基本量	43
帰無仮説	101
逆推定	127
逆正弦関数分布	92, 173
共分散	120
許容限界値	178
許容差設計	208
許容差の決め方	257
許容値	31
キログラム原器	20

【く】

偶然誤差	141, 163
偶発故障期間	73
区間推定	95, 98
組立単位	43
固有の名称を持つ——	44
組立量	43
クラスターサンプリング	247
グラフ	236
繰返し	140, 141
繰返し性	6, 141, 198

【け】

型式承認制度	16
計測	2
——と制御	32
計測学	3
計測管理	2
計測管理システム	36
計測設計	38, 206
計測マネジメントシステム	270
計測用語	3, 4, 42, 140
系統効果	165
系統誤差	141, 163
系統誤差 δ の扱い	168
系統サンプリング	247
計量	2
計量確認	272
計量管理	2, 6
——の業務	7
——の役割	12
計量管理技術	2
計量機能	272

- | | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------------|
| 計量士 | 20 | 国際単位系 | 43 | 試験所認定制度 | 24, 262 |
| ——の役割 | 19 | 国際電気標準会議 | 21 | 試験所マネジメントシステム | 261 |
| 計量証明 | 17 | 国際度量衡委員会 | 20 | シーケンス制御 | 63 |
| 計量証明検査 | 17 | 国際度量衡局 | 20 | 資源要求事項 | 263 |
| 計量単位 | 15 | 国際度量衡総会 | 20, 43 | 事後保全 | 70 |
| 計量特性 | 8 | 国際標準化機構 | 21 | 指示値 | 10, 140, 141 |
| 計量標準 | 18 | 国際量体系 | 43 | 四捨五入 | 55 |
| 計量標準供給制度 | 18, 146 | 誤差 | 141, 163 | システム | 74 |
| 計量法 | 13 | 校正式の—— | 202 | 下側確率 | 80 |
| ——の内容 | 14 | ——の大きさ | 31, 166 | 実験計画の三原則 | 103 |
| 計量法校正事業者登録制度 | 18, 265 | 製品の—— | 38 | 実験計画法 | 102, 209 |
| 計量法トレーサビリティ制度 | 18, 146 | 測定の—— | 38 | 実験標準偏差 | 171 |
| ゲージR&R | 197 | 測定標準の—— | 185 | 実験分散 | 171 |
| 検査 | 214, 243 | 理想校正後の—— | 188 | 実際の測定 | 155, 182, 192, 197 |
| ——における測定 | 248 | 誤差因子 | 193, 209 | 実物標準 | 145 |
| ——の実施方法 | 244 | 誤差成分 | 156, 181, 202 | 実用測定標準 | 145 |
| 検査区分 | 243 | 誤差伝ば則 | 174 | 実量器 | 144 |
| 検査計測 | 32 | 誤差評価 | 166, 181 | 指定検定機関 | 19 |
| 現示 | 49, 51 | 故障密度関数 | 69 | 指定製造事業者制度 | 17 |
| 検定 | 16 | 故障率 | 69 | 自動化 | 62 |
| 検量線 | 10, 123, 144 | 国家計量標準機関 | 147, 262 | 自動校正 | 269 |
| | | 国家測定標準 | 27, 145 | 尺度 | 48 |
| | | ——へのトレーサビリティ | 27 | 社内標準化 | 252 |
| | | 固有測定標準 | 145 | 社内標準の区分 | 253 |
| | | 固有の名称を持つ組立単位 | 44 | 修正 | 157 |
| | | 混合型の直交表 | 116 | 修正限界 | 159 |
| | | コンピュータ | 55 | 従属変数 | 123 |
| | | | | 自由度 | 88, 96 |
| | | | | 周波数応答 | 66 |
| | | | | 周波数変調 | 60 |
| | | | | 集落サンプリング | 247 |
| | | | | 主観確率 | 169 |
| | | | | 主効果 | 105 |
| | | | | シューハート管理図 | 239 |
| | | | | シューハートの管理限界線 | 240 |
| | | | | 瞬間故障率 | 72 |
| | | | | 順序尺度 | 50 |
| | | | | 順序尺度量 | 50 |
| | | | | 状態監視保全 | 70 |
| | | | | 商取引における測定 | 27 |
| | | | | 消費者リスク | 178 |
| | | | | 商品量目 | 254 |
| | | | | 証明 | 15 |
| | | | | 初期故障期間 | 73 |
| | | | | 試料採取 | 246 |
| | | | | 新QC七つ道具 | 242 |
| | | | | 信号因子 | 194, 209 |
| | | | | 真数表記のSN比 | 189 |
| | | | | シンセンス | 68 |
| | | | | 真度 | 5, 26 |
| | | | | 振幅変調 | 60 |
| | | | | 信頼区間 | 99 |
- 【こ】**
- | | | | |
|-----------|------------------------------|--|--|
| 工業量 | 41 | | |
| 交互作用 | 104 | | |
| 校正 | 147, 269 | | |
| 傾きの—— | 149 | | |
| ——の種類を選択 | 154 | | |
| 定点の—— | 149 | | |
| 校正間隔 | 143, 159 | | |
| 校正機関 | 264 | | |
| 校正式 | 148, 150, 152, 154, 157, 184 | | |
| ——の誤差 | 156, 181, 202 | | |
| ——の選択 | 231 | | |
| 校正事業者登録制度 | 146 | | |
| 校正測定能力 | 147 | | |
| 校正直線 | 123 | | |
| 合成標準不確かさ | 167, 174 | | |
| 校正方式 | 38, 226 | | |
| 構造モデル | 107 | | |
| 工程制御 | 212 | | |
| 工程調整 | 212 | | |
| 工程能力指数 | 200 | | |
| 工程の管理 | 243 | | |
| 工程の保全 | 70 | | |
| 合否判定 | 178, 249 | | |
| 顧客重視 | 272 | | |
| 国際計量基本用語 | 4 | | |
| 国際相互評価 | 265 | | |
| 国際測定標準 | 145 | | |
- 【さ】**
- | | | | |
|-----------------|-------------|--|--|
| 再現性 | 6, 141, 198 | | |
| 再現精度 | 6 | | |
| 最小二乗法 | 124, 152 | | |
| 三角分布 | 173 | | |
| 産業標準化 | 251 | | |
| 産業標準化法試験事業者登録制度 | 252, 265 | | |
| 参照基準 | 42, 142 | | |
| 参照測定標準 | 145 | | |
| 散布図 | 237 | | |
| サンプリング | 30, 61, 246 | | |
| サンプリング周期 | 61 | | |
| サンプリング周波数 | 61 | | |
| サンプリング定理 | 61 | | |
- 【し】**
- | | | | |
|----------------|-----|--|--|
| 時間計画保全 | 70 | | |
| 識別限界 | 170 | | |
| 次元 | 42 | | |
| 試験事業者登録制度 | 252 | | |
| 次元指数 | 42 | | |
| 試験所 | 264 | | |
| 試験所・校正機関の技術的能力 | 262 | | |

信頼水準 99
 信頼性 69
 信頼性確保の考え方 201
 信頼度 68, 72
 信頼度関数 68
 信頼の区間 176
 親和図法 241

【す】

水準 103
 推定値 95, 150
 推定量 82, 95, 150
 数学的モデル 170
 数値の丸め 55
 スチューデントの t 分布 89, 177

【せ】

正確さ 5, 26, 141
 精確さ 4, 26, 140, 141
 要求される — 8
 正規分布 86, 173
 制御 33
 制御因子 209
 制御系 63
 生産者リスク 178
 生産性の向上 209
 製造工程における測定 249
 製造準備段階 34
 製造段階 34
 精度 4, 5, 26, 140
 静特性 208
 製品の管理 243
 製品の誤差 38
 精密さ 5, 26, 141
 設計値 210
 絶対測定 51
 説明変数 123
 零点校正 152
 零点比例式校正 153
 先験的分布 169
 全社品質管理 235
 全数検査 244

【そ】

相関係数 120
 相関分析 119
 総合精度 4, 26
 総合品質管理 234
 相互承認の取決め 147
 総損失 213
 相対測定 51
 装置変動 198

想定関係式 151, 153, 155, 182, 190
 層別 123, 238
 層別サンプリング 247
 測定 2
 開発・設計における — 250
 機能性の — 251
 検査における — 248
 実際の — 155, 182, 192, 197
 商取引における — 27
 製造工程における — 249
 — の SN 比 187, 208, 214
 — の誤差 38
 — の実施 9
 — の信頼性 139, 163
 測定器のドリフト 164
 測定経験の蓄積 13
 測定結果 11, 140
 完全な — 12
 — の一致 27
 — の同等性 180
 — のトレーサビリティ 143
 — の普遍性 143
 測定誤差 163
 — の大きさ 38
 測定システム 9, 52
 測定対象量 8, 170
 測定値 10, 140, 141, 155
 正しい — 26
 測定標準 3, 27, 49, 144
 — の誤差 185
 測定プロセスの設計 273
 測定モデル 170
 組織構造要求事項 263
 外側配列 220
 損失関数 36, 155, 159, 210

【た】

対応がある因子 104
 対応がない因子 104
 代検査 19
 対称三角分布 91
 タイプ A 評価 166, 171
 タイプ B 評価 166, 172
 代用特性 52
 対立仮説 101
 正しい測定値 26
 多段サンプリング 247
 妥当性確認 203
 単位 41
 単位系 43
 単純ランダムサンプリング 247

【ち】

チェックシート 237
 仲介測定装置 145
 中間再現性 6
 中間精度 6
 中心極限定理 95, 177
 中心線 239
 超幾何分布 92
 調整 148, 269
 直積実験計画 220
 直接測定 50
 直線回帰 123
 直線性 170
 直列伝送 60
 直列モデル 74
 直交配列表 115
 直交表 115
 — の利用 219

【て】

定期校正 157, 159
 非標準型の — 158
 標準型の — 158
 定点の校正 149
 ディペンダビリティ 69
 適合性評価 264
 適合品 243
 適正計量管理事業所 17
 デジタル信号 59
 デジタル伝送 59
 デシベル表記の SN 比 189
 データ伝送 59
 点検 157
 点検間隔 159
 点推定 95
 伝達関数 64

【と】

統計的仮説 100
 統計的検定 95, 101
 統計的品質管理 234
 統計的方法の規格 23
 統計用語 4
 統計量 79
 同等性 180
 測定結果の — 180
 動特性 208
 特性根 67
 特性要因図 241
 特定計量器 15
 特定商品 254
 特定二次標準器 146

- | | | | | | |
|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|------------------|
| 特定標準器 | 146 | 標準型の定期校正 | 158 | プロセス要求事項 | 263 |
| 特定方程式 | 67 | 標準供給 | 143 | ブロック因子 | 209 |
| 独立 | 85, 174 | 標準正規分布 | 87 | ブロック化 | 103 |
| 度数基準の分布 | 169 | 標準操作手順書 | 204 | ブロック線図 | 63, 64 |
| 取引 | 15 | 標準不確かさ | 141, 166, 171 | 分解能 | 61, 170 |
| ドリフト | 156, 186 | 標準物質 | 144, 145 | 分散 | 84 |
| 測定器の — | 164, 186 | — によるトレーサビリティ | | — の加法性 | 85, 168 |
| 度量衡 | 1 | 標準偏差 | 30 | 分散分析 | 102 |
| トレーサビリティ | 142 | 標準本 | 84 | 分布関数 | 80 |
| 国家測定標準への — | 27 | 標本 | 78 | | |
| 測定結果の — | 143 | 標本化 | 61 | 【へ】 | |
| 標準物質による — | 30 | 標本回帰係数 | 124 | 平均故障間動作時間 | 71 |
| 【な】 | | 標本回帰直線 | 126 | 平均故障寿命 | 72 |
| ナイキスト法 | 67 | 標本回帰方程式 | 126 | 平均故障率 | 73 |
| 内部校正 | 148 | 標本共分散 | 119 | 平均二乗誤差 | 183 |
| 内部精度管理 | 204 | 標本相関係数 | 119 | 併行精度 | 6 |
| 【に】 | | 標本標準偏差 | 85 | ベイズ主義的確率 | 169 |
| 二元配置 | 110 | 標本分散 | 85 | 平方和 | 88, 96, 108, 110 |
| 二次測定標準 | 145 | 標本分布 | 88 | 閉ループ制御系 | 63, 64 |
| 二段枝分かれ | 110 | 標本平均 | 82, 93 | 並列冗長化 | 75 |
| 日本産業標準調査会 | 21 | 標本変動係数 | 85 | 並列伝送 | 60 |
| 入力量 | 170 | 比例尺度 | 50 | 並列モデル | 75 |
| 認証標準物質 | 144, 145 | 比例尺度量 | 50 | 偏位法 | 51 |
| 認定 | 261 | 品質工学 | 206 | 変調方式 | 60 |
| 【ぬ】 | | — に関わる JIS | 23 | 変量因子 | 106 |
| 抜取検査 | 244 | 品質損失 | 211 | 【ほ】 | |
| 【の】 | | 品質とは | 235 | ポアソン分布 | 93 |
| ノイズ因子 | 193 | 品質の改善 | 235 | 包含確率 | 177 |
| 【は】 | | 品質マネジメントシステム | 266 | 包含区間 | 177 |
| はかる | 1 | 【ふ】 | | 包含係数 | 166, 176 |
| バジェット表 | 176 | フィッシャーの三原則 | 103 | 法定計量単位 | 43 |
| 不確かさの — | 176 | フィードバック制御 | 33, 63, 212 | 母回帰係数 | 123 |
| バスタブ曲線 | 73 | フィードフォワード制御 | 33, 63 | 母回帰方程式 | 124 |
| 外れ値 | 11 | 復元サンプリング | 248 | 母共分散 | 121 |
| ばらつき | 141, 163 | 信頼度関数 | 69 | 母集団 | 78 |
| パラメータ設計 | 70, 208, 218 | 不確かさ | 141, 166 | 母数 | 79 |
| バリデーション | 203 | — の合成 | 174 | 母数因子 | 106 |
| パレート図 | 236 | — の定義 | 167 | 補正 | 149 |
| 反復 | 104, 140, 141 | — の伝ば則 | 166, 174 | 補正值 | 151 |
| 【ひ】 | | — のバジェット表 | 176 | 保水性 | 71 |
| ヒストグラム | 237 | — の表現 | 176 | 母相関係数 | 121 |
| 非直線性 | 170 | 不確かさ評価 | 181 | 母標準偏差 | 84 |
| ビット | 57 | 物象の状態の量 | 43 | 母分散 | 84, 96 |
| 非標準型の定期校正 | 158 | 物理量 | 41 | 母平均 | 82, 95 |
| 評価者変動 | 198 | 不適合品 | 243 | 母変動係数 | 84 |
| 標示因子 | 209 | 不偏推定量 | 96 | 【ま】 | |
| 標準化 | 251 | 不偏性 | 95 | 前向き伝達関数 | 67 |
| | | 不偏分散 | 85 | まちがい | 164 |
| | | 不良品 | 243 | マトリックス効果 | 193 |
| | | プログラム言語 | 58 | マトリックス図 | 241 |
| | | プロセス | 267 | マトリックス・データ解析 | 238 |
| | | プロセスアプローチ | 267 | | |

マネジメントシステム 261
 マネジメントシステム要求事項 264
 摩耗故障期間 73

【む】

無検査 244
 無限母集団 79
 無校正 11, 159
 無補正 11, 152

【め】

名義尺度 50
 メートル条約 20, 43
 目盛り 42

【も】

目的特性 52
 目標値 210

【ゆ】

有意水準 100
 有限母集団 79
 有効自由度 177
 有効数字 53

【よ】

要因効果図 104
 要因効果の加法性 189
 要求される精確さ 8
 要求精確さ 201
 要求精度 8
 用語規格 23
 陽故障 70
 予防保全 70, 159
 読み 10

【ら】

ラウス・フルビッツ法 67
 ラプラス変換 65
 ラボラトリ 261, 263
 ランダム化 103

【り】

離散分布 79
 理想校正後の誤差 188

利得 221
 —の再現性 226
 量 41
 物象の状態の — 43
 量子化 61
 量子化誤差 61, 173
 量体系 43
 良品 243
 量目検査 18

【る】

累積ハザード関数 69
 累積分布関数 80

【れ】

零位法 51
 連関図 241
 連続分布 79

【ろ】

ロバストパラメータ設計 38, 250

【わ】

ワイブル確率紙 74
 ワイブル分布 73

【数字】

1次式校正 151, 183
 2項分布 93
 2進法 57
 4対1理論 269
 10進法 57
 10対1理論 269

【欧文】

AD変換 61
 APMP 21
 AQL 245
 CGS単位系 47
 CIPM MRA 147
 CODATA 32
 CRQ 245
 DA変換 61
 E_n 数 181
 F 検定 101
 F 分布 90
 GUM 166

IEC 21
 IFCC 21
 ILAC MRA 265
 IoT 55
 ISO 21
 ISO 9000 シリーズ 24
 ISO/IEC 17025 146
 ISQ 43
 IUPAC 21
 IUPAP 21
 JCGM 21
 JCGM 文書 22
 JCSS 18, 30, 146
 JISC 21
 JIS マーク 252
 JNLA 24, 252, 265
 LQ 245
 measurement 3
 metrology 3
 MKSA 単位系 47
 MRA 147, 265
 MTBF 71
 MTTF 69, 72
 NITE 24
 NMI 20, 147
 PDCA サイクル 235, 266
 PDPC 法 243
 QC 七つ道具 242
 SI 43
 —にトレーサブル 142
 SI 接頭語 46
 SN 比
 —による評価 216
 真数表記の — 189
 測定の — 187, 208, 214
 デシベル表記の — 189
 SN 比誤差 187
 SOP 204
 SQC 234
 TQC 234
 TQM 235
 t 検定 101
 t 分布 89, 177
 U 字形分布 92, 173
 $\bar{x}-R$ 管理図 240
 χ^2 分布 88

計量士および計測技術者のための計量管理の基礎と応用

©一般社団法人 日本計量振興協会 2020

2020年6月12日 初版第1刷発行

検印省略

編者 一般社団法人
日本計量振興協会
計量管理新教科書作成委員会
東京都新宿区納戸町25-1
電話(03)3268-4920

発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也

印刷所 美研プリンティング株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-03229-1 C3053 Printed in Japan

(柏原)



 <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。