

国際文書第 8 版 (2006)

国際単位系 (SI)

日本語版

訳・監修 (独)産業技術総合研究所 計量標準総合センター

英文テキストの使用における注意

国際度量衡委員会は成果普及のために報告書を英語版で刊行することを決めた。しかしながら公式な報告書は常にフランス語で作成されたものである。出典を明らかにすべき場合や解釈に疑義のある場合に権威があるのはフランス語のテキストである。

本文書（又はそれ以前の版）の全文又は部分翻訳は様々な言語で出版されてきた。その中にはブルガリア語、中国語、チェコ語、英語、ドイツ語、日本語、韓国語、ポルトガル語、ルーマニア語、スペイン語などによるものがある。国際標準化機構（ISO）や多くの国々が SI 単位の使用に関する指針やガイドを出版してきた。

国際単位系（SI） 国際文書第 8 版（2006 年）原書
Le Système international d'unités (SI) — 8^e édition — 2006
The International System of Units (SI) — 8th edition — 2006
フランス セーブル F-92312
パビヨン ド ブルトイユ
国際度量衡局 編
原書コード：ISBN 92-822-2213-6

国際文書 SI 第 8 版日本語版への序文

この SI 第 8 版日本語版の刊行にあたり献辞を載せる機会を得たことをとても光栄に思います。1960 年に国際単位系 (SI) が正式に採択されるずっと以前から、合意に基づいた共通の参照標準が必要であるという認識が国際社会にはありました。この認識が 1875 年のメートル条約の締結と、その後の科学、通商、社会の発展をもたらしたと言えます。

ここ数年来、単位の分野にも多くの技術革新があり、人工物の原器に頼っている最後の単位であるキログラムが、基礎物理定数を使って再定義される日がいずれ訪れるでしょう。日本の計量標準総合センター (NMIJ、産業技術総合研究所) を含む各国の計量標準機関 (NMI) が今、この課題に積極的に取り組んでいます。また、BIPM (国際度量衡局) と関係のある委員会、特に SI 国際文書の原案作成に責任をもつ CCU (単位諮問委員会) の活動に NMIJ にも貢献して頂いていることに心から感謝します。我々はこれらの委員会活動のみならず、最近の SI が関与する多くの分野、例えば医療診断、バイオテクノロジー、食品分野でも多くのパートナーと協力しており、安定な参照標準の使用や不確かさやトレーサビリティの知識がもたらす利益を調査する事業を進めています。

SI 文書第 7 版発刊以降の進歩として、国際度量衡委員会 (CIPM) 傘下の相互承認協定 (MRA) 締結が挙げられます。その結果各国の規制当局や立法機関を含む多くの国際機関がこの事業の価値を認識し、これを支援していることは歓迎すべきことです。それを広く利用すれば通商の技術障壁を取り除くことにその効果が最も顕著に表れるからです。また、同様に測定結果を相互に認め合えるという効果については、計量標準機関間のみならず、規制分野における認定にも同様に有効とすべく、国際試験所認定機構 (ILAC)、国際法定計量機関 (OIML) などとの協力が進められています。計量の役割は基本とされる情報を与えることにより、製品、新技術開発及び国民生活の安全安心の為に相互の信頼が、国内全体でまた国際間で行き渡ることを目指す点にあります。CIPM-MRA はまさにこの使命を達成するための大きな前進であります。

最後に、この翻訳の労を担った NMIJ 関係者に感謝します。日本は国内だけでなく輸出市場においても品質の高さでよく知られている国です。NMIJ が、計量に寄与する多くの日本の関係機関の要として、益々重要な役割を果たすことを期待しています。

アンドリュー ワラード
BIPM 局長

Preface to the Japanese translation of the 8th edition of the SI brochure

I am delighted to have the opportunity to contribute to the Japanese translation of the 8th SI brochure.

For many years — long before the official creation of the SI in 1960 — there was international agreement on the need for commonly agreed reference standards. This, of course, led to the Metre Convention and the scientific, commercial and societal benefits which have come from it since 1875.

In the years to come there will be many exciting new developments in the world of units and we are all eagerly anticipating the day when the kilogram, the last remaining artefact standard, could be redefined through a fixed value of a fundamental constant of physics. Many NMIs, including NMIJ, are actively engaged on this task. I am also pleased to acknowledge the great contribution of colleagues from NMIJ in the work of the various committees associated with the BIPM, in particular the work of the Consultative Committee for Units which has taken the responsibility of preparing the SI brochure. We are not, however, neglecting other fields of application of the SI, and are working with a number of other communities in, for example, laboratory medicine, biotechnology and food to explore how the SI can bring benefits through the use of stable references and attention to uncertainty and traceability.

Since the 7th edition of the SI brochure, we have seen the creation of the Mutual Recognition Arrangement of the International Committee for Weights and Measures, the CIPM MRA. I am very pleased that a number of international bodies, as well as regulators and legislators see the value of this initiative and support it. We are convinced that its widespread use will have a major effect on the reduction of technical barriers to trade. We are equally convinced that it will help greatly in providing mutual confidence in measurement results. This is, of course, at the level of the NMIs. However, in collaboration with our colleagues in the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) and the International Organisation for Legal metrology, (OIML), we are seeing its influence in the world of accreditation and in the regulated sector. The role of metrology has always been to provide basic information at the international and national level so as to create mutual confidence in products, in the innovative development of new technologies and in a framework for the safety of the citizen in all areas of life. The CIPM MRA is a major step forward in achieving this mission.

Finally, may I thank the NMIJ for their hard work in preparing this translation. Japan is a country well known for high product quality for its internal and its export market and the role of NMIJ is, I believe, crucial in coordinating the efforts of a number of key Japanese institutes which contribute to metrology.

Andrew Wallard,
Director of the BIPM.

訳編者のまえがき

本書は、国際度量衡局（BIPM）が 2006 年に発行したフランス語及び英語の文書 *Le Système international d'unités*（*The International System of Units*）8^e édition（8th edition）の日本語版である。原書は、国際単位系（SI）に関して国際度量衡総会（CGPM）及び同委員会（CIPM）が行った決議、勧告、声明などを中心に、SI を理解し利用するために必要な情報を集めた基礎資料としての国際文書である。なお、2ヶ国語で用意された版のうち、正規のものはフランス語版である。

第 7 版から 8 版への移行に際しては、単位諮問委員会（CCU）議長の Prof. Ian. M. Mills の「読者に親切で理解しやすく」という方針に従い、度量衡関係者のみならず一般の読者も単位を容易に理解することができるよう CCU で検討が加えられた。主な変更点をまとめると以下のようになる。

第 1 章「序章」は従来、CGPM や CIPM の決議などの解説から始まり、その歴史的な背景の解説に重点を置いていたが、第 8 版では最初に量と単位についての概念を明確に記述し、単位を構成するためには物理量を最初に定義することが必要であることを示した。これは、ISO 31「量と単位」の考え方とも整合するものであり、物理量の定義を通じて一般の読者が単位というものをより身近な存在として理解できるよう配慮した結果である。また、1.6 節には医療診断や治療において用いられる一連の単位が存在することを紹介し、これらの分野で用いられる物理量は十分に定量化できるほど理解されてはいないが、人間の健康や安全の重要性の視点から、世界保健機関（WHO）がこれらの物質の生物活性について WHO 国際単位（IU）を定義する責任を負っていることを示した。

第 4 章「SI に属さない単位」では、表 6 から表 9 に収録すべき単位の採用が CCU で検討され、一部が組み換えられた。特に表 7 には SI 単位で表される数値が実験的に求められる非 SI 単位をまとめ、従来から統一原子質量単位の単位記号として用いられてきた *u* のほかに Da（ダルトン）が新たに採用されるとともに、基礎物理定数から決められる自然単位系や原子単位系なども新たに紹介されている。これらは化学の分野での利便性に配慮するとともに、普遍的な定数を基準として単位を再定義しようとする最近の傾向も反映したものである。

第 5 章は量と単位についての表現方法をまとめたものであり、第 7 版までの記述が比較的簡素であったのに対し、8 版では数値や単位記号、単位の名称、SI 接頭語などを用いた量の表現方法がより詳細に規定されている。これは、いかなる状況下においても量と単位を正しく記述し、表現の曖昧さによる誤解をできるだけ排除できるように配慮した結果である。特に不確かさや図表中における物理量の表現方法などについてもより多くの事例が加えられている。

日本語版作成のための翻訳・編集に当たっては、正規の文書であるフランス語版にできる限り忠実であるよう心がけた。用語の選定については、学術用語、並びに JIS Z 8203「国際単位系（SI）及びその使い方」及び JIS Z 8202「量及び記号」における用語との整合を図った。なお、これらの用語が原語の直訳と異なる場合には訳注を付し、原語を示した。

1998 年に第 7 版が刊行された直後の 1999 年 10 月、第 21 回 CGPM が開催され、人の健康保護のために認められている固有の名称をもつ組立単位としてカタール（単位記号：*kat*、SI 基本単位による表し方：*mol/s*、「酵素活性」を表す単位）の SI への導入が決議された。この新しい SI 組立

単位は第 8 版の表 3 に収録されている。

日本語版原稿の執筆に際しては、独立行政法人産業技術総合研究所計量標準総合センターにおいて刊行委員会を設置し、各分野の専門家が翻訳にあたった。また、多くの関係機関の方々からもご教示頂いた。第 8 版原文は第 7 版原文への部分変更・加筆という形を取る一方で、最近のわが国の計量用語の急激な変化にもとづいて第 7 版での翻訳に手を加えるべき部分が多く見られた。しかし、参照すべき定訳には適切な継続性を確保すべきであることと、世界的な基本単位の大幅な見直し作業が 2011 年の CGPM を初めとして進められる可能性が大きいことを考慮し、できるだけ第 7 版での翻訳を適用した。第 8 版の翻訳にご協力頂いた諸氏に厚く御礼を申し上げる。

2006 年 6 月

独立行政法人 産業技術総合研究所
計量標準総合センター
国際単位系 (SI) 日本語版刊行委員会
委員長 松本弘一
幹事 藤井賢一, 大苗敦, 藤本弘之
事務局 佐藤輝幸
委員 大嶋新一, 今江理人, 上田和永,
佐藤宗純, 堀内竜三, 田村收,
石井順太郎, 中村安宏, 坂本泰彦
齋藤輝文, 郜洋司, 桧野良穂,
齋藤則生, 岡本研作, 高津章子,
齋藤一朗, Claudine THOMAS,
清水忠雄, 今井秀孝

国際度量衡局とメートル条約

国際度量衡局（BIPM）はメートル条約により創設された。この条約は、1875年5月20日にパリにおけるメートル外交官会議の最終セッションで、17カ国の間で締結されたものであり、その後1921年に改正されている。

国際度量衡局は、パリの近郊にあるフランス政府提供のパビヨン・ド・ブルトイユ（サン・クルー公園）の敷地（43 520 m²）内に拠を置き、その維持費はメートル条約加盟国の分担金で賄われている。

国際度量衡局は、物理的な諸測定の世界統一を確保することを使命としており、その任務は次のとおりである。

- ・ 主な物理量の基本的な標準と目盛とを設定し、国際原器を保管すること、
- ・ 各国の標準器と国際標準器の比較を行うこと、
- ・ これらに関連する測定技術の整備を確保すること、
- ・ 上記の活動にかかわりのある基礎物理定数に関する諸測定を実行し、また各測定の間での調整をはかること。

国際度量衡局は、もっぱら国際度量衡委員会（CIPM）の監督の下に事業を行うが、委員会自身は国際度量衡総会（CGPM）の指揮下にある。国際度量衡委員会は、国際度量衡局でなされた事業を国際度量衡総会で報告する。

国際度量衡総会はメートル条約の全加盟国の代表によって構成され、現在は4年ごとに開催されている。総会は、次のような使命を持っている。

- ・ メートル系の新しい形態である国際単位系（SI）の普及と改良を確実に行うのに必要な手段を討議し、それを実行に移すこと
- ・ 計量学上の基本的な新しい測定結果や国際的観点で取り決められた科学上の諸決議を確認すること
- ・ 国際度量衡局の財政、組織、及びその整備発展に関する重要な決定を行うこと。

国際度量衡委員会は、国籍を異にする18名の委員で構成され、現在は毎年会合している。この委員会の事務局は、国際度量衡局の事業及び財務の状況に関する年報をメートル条約加盟国政府に送付している。国際度量衡委員会の主要な使命は、測定単位の世界の統一性を確保することにある。この目的達成のために本委員会は直接行動し、また国際度量衡総会に提案する。

当初の国際度量衡局の活動は、長さや質量の測定及びこれらの量に関する計量学上の研究に限られていたが、その後、電気計測（1927年）、測光・放射（1937年）、放射線（1960年）、時刻目盛（1988年）、化学（2000年）

2005年12月31日現在で、この条約への加盟国は次に示す51カ国であった。南アフリカ、ドイツ、アルゼンチン、オーストラリア、オーストリア、ベルギー、ブラジル、ブルガリア、カメルーン、カナダ、チリ、中国、大韓民国、朝鮮民主主義人民共和国、デンマーク、ドミニカ共和国、エジプト、スペイン、アメリカ合衆国、フィンランド、フランス、ギリシャ、ハンガリー、インド、インドネシア、イラン、アイルランド、イスラエル、イタリア、日本、マレーシア、メキシコ、ノルウェー、ニュージーランド、パキスタン、オランダ、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、英国、ロシア連邦、セルビア・モンテネグロ、シンガポール、スロバキア、スウェーデン、スイス、チェコ共和国、タイ、トルコ、ウルグアイ、ベネズエラ。

20の国と経済圏が総会に参加できる準会員となった：ペラルーシ、カリブ共同体、コスタリカ、クロアチア、キューバ、エクアドル、エストニア、香港（中国）、ジャマイカ、カザフスタン、ケニア、ラトビア、リトアニア、マルタ、パナマ、フィリピン、スロベニア、台湾、ウクライナ、ベトナム。

の標準にまで拡張されてきた。そのため 1876 年から 1878 年にかけて建設された最初の実験棟の拡張が 1929 年に行われた。更に 1963 年から 1964 年にかけて放射線部門の実験室として新しい建物が作られ、1984 年にはレーザーの実験室が、1988 年には図書室と事務室のための新しい建物が建設された。2001 年には工作室、事務室、会議室のための新しい建物が完成した。

およそ 45 名の物理学者や技術者が、国際度量衡局の研究部門で業務を行っている。これらの職員は主として計量に関する研究、単位の実現に関する国際比較、上記の諸分野における標準器の校正などを行っている。これらの仕事の詳細は、(*Director's Report on the Activity and Management of the International Bureau of Weights and Measures*) に記載される。

国際度量衡局に課せられた業務の伸展に対処するため、国際度量衡委員会は 1927 年以降、諮問委員会という名称のもとに、同委員会が諮問する諸問題について答申することを目的とする機関を設けた。これらの諮問委員会は、特定の問題について検討するための臨時又は常設の「作業部会」を設けることができる。諮問委員会には、担当する分野で国際的に行われる業務を調整し、国際度量衡委員会に単位に関する勧告を提案する責任がある。

諮問委員会には共通の規則があり (*BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures*, 1963, 31, 97), 不定期に会合している。各諮問委員会の委員長は国際度量衡委員会により指名され、通例では国際度量衡委員の中から選出される。諮問委員会を構成する各委員は、計量の試験所や専門の研究所の構成員であり、そのリストは国際度量衡委員会で承認される。委員である各機関は、その代表を選任し派遣する (諮問委員会の委員資格について、*BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures*, 1996, 64, 124 に記載されている)。現在、次に示す 10 の諮問委員会がある。

1. 電気・磁気諮問委員会 (CCEM), 1927 年創設の電気諮問委員会 (CCE) に対して 1997 年に与えられた新しい名称。
2. 測光・放射測定諮問委員会 (CCPR), 1933 年創設の測光諮問委員会 (CCP) に対して 1971 年に与えられた新しい名称 (1930 年から 1933 年までは上記の委員会 (CCE) が測光の問題を扱っていた)。
3. 測温諮問委員会 (CCT), 1937 年創設。
4. 長さ諮問委員会 (CCL), 1952 年創設のメートルの定義のための諮問委員会 (CCDM) に対して 1997 年に与えられた新しい名称。
5. 時間・周波数諮問委員会 (CCTF), 1956 年創設の秒の定義のための諮問委員会 (CCDS) に対して 1997 年に与えられた新しい名称。
6. 放射線諮問委員会 (CCRI), 1958 年創設の電離放射線測定標準諮問委員会 (CCEMRI) に対して 1997 年に与えられた新しい名称。(1969 年にこの諮問委員会は次の四つの部門を設置した。第 I 部門 (X 線, γ 線, 電

子), 第 II 部門 (放射性核種の測定), 第 III 部門 (中性子測定), 第 IV 部門 (α 線エネルギーの標準). この最後の部門は 1975 年に解散し, その活動分野は第 II 部門に委託された.)

7. 単位諮問委員会 (CCU), 1964 年創設 (この委員会は 1954 年に CIPM によって設立された「単位系小委員会」に代わるものである).
8. 質量関連量諮問委員会 (CCM), 1980 年創設.
9. 物質量諮問委員会 (CCQM), 1993 年創設.
10. 音響・超音波・振動諮問委員会 (CCAUV), 1999 年創設.

国際度量衡総会, 国際度量衡委員会, 及び各諮問委員会の事業は, 国際度量衡局により次のような集録の中に公表されている.

- ・ **国際度量衡総会報告** (*Report of the meeting of the General Conference on Weights and Measures*)
- ・ **国際度量衡委員会議事録** (*Report of the meeting of the International Committee for Weights and Measures*)

国際度量衡委員会は 2003 年各諮問委員会の会合の報告は印刷せずに BIPM の website においてもその言語で公開されることと決定した.

国際度量衡局はまた, 特定の計量に関する主題を対象とする論文や, 国際単位系 (SI) の表題で定期的に改訂される文書を出版する. ここには, 単位に関する全ての決議と勧告が収められている.

国際度量衡局事業紀要 (*Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures*, 1881 年から 1966 年までの期間に 22 巻が出版された) と, 国際度量衡局業務集報 (1966 年から 1988 年までの期間に 11 巻が出版された) の集録は, 国際度量衡委員会の決定により廃止された.

国際度量衡局の業務は一般の学術誌に発表され, *Director's Report on the Activity and Management of the International Bureau of Weights and Measures* には毎年その記録が掲載される.

1965 年以降, 国際度量衡委員会の指導のもとに編集されている国際学術誌 *Metrologia* には, 計量の科学や測定法の改良に関する論文, 標準と単位に関する事業を掲載すると共に, メートル条約の諸機関の活動, 決定事項及び勧告についての報告が発表されている.

国際単位系 目次

国際文書 SI 第 8 版日本語版への序文（国際度量衡局・局長）	2
訳編者のまえがき	4
国際度量衡局とメートル条約	6
第 8 版への緒言	11
1. 序章	13
1.1 量と単位	13
1.2 国際単位系（SI）とそれに対応する量の体系	14
1.3 量の次元	15
1.4 一貫性のある単位，固有の名称をもつ組立単位， 及び SI 接頭語	16
1.5 一般相対性理論の枠組みにおける SI 単位	17
1.6 生物学的な作用を記述する単位	17
1.7 単位に関する法制	18
1.8 沿革	18
2. SI 単位	21
2.1 SI 基本単位	21
2.1.1 定義	21
2.1.1.1 長さの単位（メートル）	22
2.1.1.2 質量の単位（キログラム）	22
2.1.1.3 時間の単位（秒）	22
2.1.1.4 電流の単位（アンペア）	23
2.1.1.5 熱力学温度の単位（ケルビン）	24
2.1.1.6 物質量の単位（モル）	25
2.1.1.7 光度の単位（カンデラ）	26
2.1.2 基本単位の記号	27
2.2 SI 組立単位	27
2.2.1 基本単位を用いて表される組立単位	27
2.2.2 固有の名称と記号をもつ単位， 及びそれらと結合して作られる単位	28
2.2.3 無次元量の単位，次元が 1 である単位	31
3. SI 単位の 10 進の倍量及び分量	33
3.1 SI 接頭語	33

3.2 キログラム	34
4. SI に属さない単位	35
4.1 SI との併用が許される非 SI 単位， 及び基礎定数をよりどころとする単位	35
4.2 使用することが推奨されないその他の非 SI 単位	41
5. 単位の記号と名称の表記法，及び量の値の表現方法	42
5.1 単位記号	42
5.2 単位の名称	43
5.3 量の値の表現方法に関する規則と様式	43
5.3.1 量の値と数値，及び量の四則演算	43
5.3.2 量記号と単位記号	45
5.3.3 量の値の書式	45
5.3.4 数値の書式，及び小数点	45
5.3.5 量の値に付随する測定の不確かさに関する表現方法	46
5.3.6 量記号，量の値，又は数値の乗除	46
5.3.7 無次元量の値，又は次元 1 の量の記述方法	46
付録 1. 国際度量衡総会及び国際度量衡委員会の諸決定	48
付録 2. 重要な単位の現示方法	87
付録 3. 光化学的および光生物学的な量の単位	88
略称及び頭文字	90
索引	93

第 8 版への緒言

フランス語では *Système International d'Unités*、英語では *International System of Units* として知られている国際単位系 (SI) を定義してまとめた、通常 SI 文書と呼ばれているものの第 8 版の刊行を紹介することを喜びとします。この文書は、印刷物として発行されていますが、www.bipm.org/en/si/si_brochure/ から電子版として得ることもできます。

1970 年以来、国際度量衡局 BIPM (フランス語: *Bureau International des Poids et Mesures*, 英語: *International Bureau of Weights and Measures*) は、この文書の第 7 版までを発行してきました。その主な目的は、SI を定義して運用することであり、SI は、第 9 回国際度量衡総会: CGPM (フランス語: *Conférence Générale des Poids et Mesures*, 英語: *General Conference on Weights and Measures*) での決議を通して 1948 年に採用された科学と技術の望ましい言語として世界中で使用されています。

SI はもちろん、現代の最良の測定法の実情を反映しつつ、それ自身進化して行く生きた体系です。それ故、この第 8 版は、前版とくらべて多くの変更点を含んでいます。前版と同様に SI に関するすべての基本単位の定義と国際度量衡総会 CGPM 及び国際度量衡委員会 CIPM (フランス語: *Comité International des Poids et Mesures*, 英語: *International Committee for Weights and Measures*) での決議と勧告を載せています。CGPM 及び CIPM での決定事項の公式参考文献は、**国際度量衡総会報告: CR** (*Comptes Rendus of the CGPM*) と**国際度量衡委員会議事録: PV** (*Procès-Verbaux of the CIPM*) の継続する巻号に見ることができます; そして、これらの多くは *Metrologia* にも掲載されています。この SI の実際の使い方を容易にするために、本文書はこれらの定義の説明を提供するとともに、最初の章では、単位の体系、特に SI の構築に関する一般的な紹介を提供しています。すべての単位の定義と現示には一般相対性理論との関係も考慮されています。生物学的量に関連する単位の詳細な議論が初めて紹介されています。

付録 1 (Appendix 1) は、1889 年以降に CGPM と CIPM から公表された測定単位と国際単位系に関する決定事項 (決議, 勧告, 声明) を年代順に採録しています。

付録 2 (Appendix 2) は、www.bipm.org/en/si/si_brochure/appendix2/ から得られる電子版のみに存在するものです。そこには、いくつかの重要な単位の現示の方法が、主文書に示されている定義に合致していること、計量標準研究所が物理単位を実現できること、そして最高品質の物質標準と測定機器を校正できることを概説しています。この付録は、単位を実現する実験技術が改善されることを反映して定期的に更新されるでしょう。

付録 3 (Appendix 3) は、生物学的物質における光化学効果の測定に使わ

れる単位が示されています。

CIPM の単位諮問委員会 CCU (フランス語 : Comité Consultatif des Unités of the CIPM , 英語 : Consultative Committee for Units) はこの文書の起草に責任をもち ,CCU と CIPM が最終版を承認しました .この第 8 版は ,第 7 版(1998 年発行) の改訂版であり ,第 7 版が発行された以降になされた CGPM 及び CIPM の決定事項が考慮されています。

この文書は , 35 年以上の間 , 多くの国 , 組織 , 科学的団体で実務上の参照として使われています .本文書の内容を多くの読者に分かり易く伝えるために ,CIPM は 1985 年に SI 文書第 5 版に英語版を含めることを決めました .この仏英両編集版はその後のすべての出版に受け継がれています .最初のフランス語からの忠実な英語版の編集のために ,BIPM は英国の国立物理学研究所 (NPL : National Physical Laboratory, Teddington, UK) と米国標準技術研究所 (NIST : National Institute of Standards and Technology ,Gaithersburg ,USA , 当時の NBS : 米国標準局) の密接な協力を得ました .現在の仏英版に関しては ,CCU により BIPM との密接な連携を保って準備されました。

2003 年の第 22 回の国際度量衡総会は ,1997 年の CIPM の決定にしたがい , 「小数点の記号は点 (point) とコンマ (comma) のどちらかとする」と決めました .この決定及び二つの言語の習慣に従って ,英語版では点を小数点として使い ,フランス語版ではコンマを小数点として使っています .この決定は他の言語への翻訳に際しての小数点の表示の方法に指示を与えるものではありません .ひとつの注意すべき点として ,英語を母国語とする国の間で生ずる綴りの小さな差異があります (例えば , “metre” と “meter” , “litre” と “liter”) .この観点では ,ここに示す英語版は ,ISO 31 「量と単位」 (*Quantities and Unites*) に従っています。

読者は , 公式記録は常に仏語版であることに注意すべきです .仏語版は権威ある参照を要求される際や , 文書の翻訳に際して疑義が生じた場合に使われるべきです。

2006 年 3 月

国際度量衡委員会委員長 E. Göbel

単位諮問委員会議長 I. M. Mills

国際度量衡局局長 A. J. Wallard

1. 序章

1.1 量と単位

量 (quantity) の値 (value) は一般に数字 (number) と単位 (unit) の積として表される。単位とは単にその量の基準となる特別な例のことであり、数字は「単位」に対する「量の値」の比を表す。ある一つの量について、異なる単位で表されることがある。例えば、ある粒子の速さ v が $v = 25 \text{ m/s} = 90 \text{ km/h}$ であるとすると、メートル毎秒 (m/s) とキロメートル毎時 (km/h) はどちらも速さという量の同じ値を表すのに用いられる単位である。しかしながら、国際的に合意され、明確であり、使いやすい単位の集合というものは重要であり、今日の複雑な社会を支える多様な計測に用いられる。そのため、誰もがたやすく用いることができ、時間や場所によらず一定であり、高い精度で容易に実現できるように単位は選定されなければならない。

例えば、国際単位系 (SI) のように、一つの単位系を確立するためには、各量を関係づける一連の関係式を含め、量の体系を最初に構築することが必要となる。なぜならば量の間関係式が単位の間関係式を決めるからである。また、**基本単位** (base units) と呼ばれる少数の単位によって単位系を定義し、その他全ての量の単位を**組立単位** (derived units) と呼ばれる基本単位のべき乗の積として定義すると便利である。これらに対応する量は同様に**基本量** (base quantities) と**組立量** (derived quantities) と呼ばれる。1.4 節で詳しく述べるように、基本量から組立量を与える関係式は基本単位から組立単位を与える関係式を決める。したがって、論理的な展開としては、量とそれらと関係づける関係式を最初に決め、次に単位を選択することになる。

科学的観点からみれば、ある量を基本単位や組立単位に分類するということは単なる決め事であり、対象の物理学の本質とは関係ない。しかしながら、単位に着目すると、基本単位は単位系全体の根幹をなすものであり、最初の節で述べた条件が満足されるように基本単位を注意深く定義することは極めて重要である。基本単位による組立単位の定義は、基本量によって組立量を定義する関係式に従う。したがって、本文書の主題である単位系の構築は、量と関係づける代数方程式と密接な関係がある。

当然のことながら科学や技術で用いられる組立量の数は際限なく増える。科学の新しい分野が発展すれば、その分野を代表する研究者によって新しい量が提案され、その新しい量を既に知られている量と関係づけるための新しい関係式が登場し、最後は基本量へと関係づけられる。このように新しい量とともに用いられる組立単位は既に選択された基本単位のべき乗の積として定義される。

量と単位という用語は「国際計量基本用語集」(VIM)で定義されている。

速さ v という量は距離 x と時間 t という量を用いて次式で表される。

$$v = dx/dt.$$

ほとんど全ての量と単位の体系において、距離 x と時間 t は基本量であり、メートル (m) と秒 (s) は基本単位に選ばれている。速さ v はメートル毎秒 (m/s) という組立単位をもつ組立量である。

例えば電気化学ではイオンの電気移動度 u は電界の強さ E に対するイオンの速さ v の比として $u = v/E$ として定義される。電気移動度に対応する組立単位は $(\text{m/s})/(\text{V/m}) = \text{m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ であり、基本単位へと容易に関係づけられる (V は SI 組立単位のボルトを表す)。

1.2 国際単位系 (SI) とそれに対応する量の体系

この小冊子の目的は SI (フランス語の *Système International d'Unités* の頭文字の並びから採られている) として一般に知られている, 国際単位系の定義および使用に必要な情報を提示することである. SI は, 1.8 節 (沿革) の説明にあるように, 国際度量衡総会 (CGPM) により確立され, 定義を与えられている*.

SI 単位とともに活用される量の体系及びそれらの量を関係づける方程式は, 実際には, すべての科学者及びエンジニアにとって馴染みのある物理量及び関係式にすぎない. そしてこれらの量の体系及びそれらの量を関係づける方程式は, あまたの教科書及び参考文献に掲載されているが, その場で考えられる量及び方程式を選び出しているにすぎない. 量とそれらの推奨される名称及び記号, そしてそれらを関係づける関係式の多くは, 国際標準化機構第 12 専門委員会 (ISO/TC 12) 及び国際電気標準会議第 25 専門委員会 (IEC/TC 25) によりまとめられ国際規格 ISO 31 及び IEC 60027 に掲載されている. ISO 31 及び IEC 60027 は, 現在, 国際標準化機構及び国際電気標準会議が共同して改訂作業に当たっている. 改訂された統合規格は ISO/IEC 80000 **量と単位** (*Quantities and Unites*) と呼ばれる予定で, その中で SI で用いられる量及び関係式を国際量体系と呼ぶことを提案している.

SI における基本量は, 長さ, 質量, 時間, 電流, 熱力学温度, 物質質量及び光度である. 基本量は便宜的に独立とみなす. それぞれの基本量に対応する SI 単位は CGPM によりメートル, キログラム, 秒, アンペア, ケルビン, モル及びカンデラと選定された. これらの基本単位の定義は, 2.1.1 項に示されている. SI における組立単位は, 基本量を用いた組立量の表現方法に対応した代数的な関係に従って基本単位のべき乗の積の形で表される (1.4 節参照).

まれに, 量の間関係を定式化するのに複数の方法から一つを選択することになる場合がある. 重要な例は電磁気量を定義する際に現れる. この場合, SI と共に使用される有理化された四元四量電磁気関係式は長さ, 質量, 時間, および電流に基づく. これらの方程式では, 電気定数 ϵ_0 (真空の誘電率) と磁気定数 μ_0 (真空の透磁率) は $\epsilon_0\mu_0 = 1/c_0^2$ という形で次元と値を持っている. ここで, c_0 は真空中の光速である. 距離 r を隔てた場所にある電荷 q_1 と q_2 を持った二つの粒子の間の静電気力のクーロン則は以下のように表される**.

$$F = \frac{q_1 q_2 r}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

これに対応した磁氣的力, すなわち $i_1 dl_1$ 及び $i_2 dl_2$ の電流を運ぶ二つの細い線要素の間に働く磁氣的力の方程式は以下のように表される.

国際単位系 (SI) (訳注: *Système International d'Unités*) という名称は, 1960 年に開催された第 11 回 CGPM によって確立された.

SI における量を関係づける関係式の一例はニュートンの慣性の方程式に見られる. そこでは, 力 F は質量 m 及び加速度 a に $F=ma$ という関係式によって関係付けられ, 速度 v で移動する物体の運動エネルギー T は $T = mv^2/2$ と書かれる.

* この小冊子で使用されている頭文字及び略語の意味は p. 90 に示されている.

** 太文字はベクトルを表す.

$$d^2F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i_1 dl_1 \times (i_2 dl_2 \times r)}{r^3}$$

ここで、 d^2F は力 F の二重微分である。これらの SI に基づいた方程式は、CGS-ESU、CGS-EMU 及び CGS ガウス単位系における方程式とは異なっている。これら CGS 単位系では ϵ_0 と μ_0 は 1 という値を持つ無次元の量として取り扱われ、有理化係数 4π は現れない。

1.3 量の次元

物理量は次元を使って体系化される。SI で使用される七つの基本量はそれぞれ自身次元を持っていると見なされる。次元はサンセリフローマン体の大文字一字の記号によって表記される。基本量に使用される記号、およびそれらの次元を表示するのに使用される記号は以下の通りである。

SI で使用される基本量と次元

基本量	量の記号	次元の記号
長さ	l, x, r など	L
質量	m	M
時間	t	T
電流	I, i	I
熱力学温度	T	Θ
物質質量	n	N
光度	I_v	J

量の記号はイタリック体で、次元の記号はサンセリフローマン体で常に表記される。長さや電流の記述のように、量にはいくつかの記号が使用される場合がある。量の記号は推奨だけであるのに対し、単位のための記号と形式は必須であるという記述が本書中にある。(第5章参照)
次元の記号と指数は代数学のルールに則っている。例を挙げると、面積の次元は L^2 、速度の次元は LT^{-1} 、力の次元は LMT^{-2} 、エネルギーの次元は L^2MT^{-2} と記述される。

他のすべての量は、物理学の方程式をつかって基本量によって組み立てられる。組立量の次元は、組立量と基本量の関係式に従って、基本量の次元のべき乗の積で表される。一般に、どんな量 Q の次元も基本量の次元の積でつぎのように書ける。

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\epsilon N^\zeta J^\eta$$

ここで、指数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon, \zeta$ 、および η は、正か負かゼロである小さい整数で、次元指数と呼ばれる。組立量の次元が組立量と基本量の関係について与える情報は、組立量の SI 単位が SI 基本単位のべき乗の積であたえられる関係と同等である。

組立量の次元を与える方程式において、次元指数がすべてゼロとなるような組立量が存在する。特に同じ種類の量の比として定義される物理量がそうである。そのような量は無次元 (*dimensionless*)、もしくは次元 1 (*dimension one*) の量と呼ばれる。そのような無次元量の一貫性のある組立単位は常に 1 である。なぜならそれは同じ種類の量に対する二つの同一の単位の比だから

例えば屈折率は、真空中と媒体中それぞれの光速という同じ種類の量の比として定義される。したがって、これは無次元量である。他の無次元量の例として平面角、質量比、比誘電率、比透磁率、ファブリー-ペロー共振などがある。

である。

また, SI の七つの基本量では記述することができないいくつかの量があるが, それらは数えられる個数を表わす。例えば, 分子の数, 量子力学における縮退度 (同じエネルギーをもつ状態の数), 統計熱力学における分配関数 (熱的に取り得る状態の数) である。このような数の量は無次元の量, または単位 1 を伴う次元 1 の量と見なされる。

1.4 一貫性のある単位, 固有の名称をもつ組立単位, 及び SI 接頭語

組立単位は複数の基本単位をべき乗したものの積として定義される。このべき乗の積が 1 以外の係数を伴わないとき, その組立単位は**一貫性のある組立単位**と呼ばれる。SI における基本単位および一貫性のある組立単位は一貫性のある単位の集合を形作り, **一貫性のある SI 単位**という名称が与えられる。一貫性のある (coherent) という言葉は, 以下に示す意味で用いられる。一貫性のある単位が用いられるときには, その量を表す数値の間の関係式は量そのものの間の関係式と完全に同一の形をとる。したがって, 一貫性のある単位の集合に含まれる単位だけが用いられている場合には, 単位間の変換係数が必要とされない*。

ある組立量の一貫性のある単位による表現方法は, その量を次元的に演算し各々の次元に対する記号を対応する基本単位の記号で置き換えることにより得ることができる。

SI における一貫性のある組立単位のあるものには表現を簡単化するために固有の名称が与えられている (2.2.2 項, p. 30 参照)。しかしながら, 次のことを強調することは重要である。たとえ物理量の単位がいくつかの固有の名称および記号を持った単位を用いて異なった形で表現される場合でも, その物理量は唯一の一貫性のある SI 単位のみを持つ。しかしその逆は真でない。すなわちある場合には, 一つの SI 単位がいくつかの異なった物理量に用いられることがある。(p. 30 参照)

国際度量衡総会 (CGPM) は, さらに, 一貫性のある SI 単位の 10 進の倍量及び分量を作るための一連の接頭語を採用した (3.1 節, p. 35 参照, そこでは接頭語の名称及び記号が表に示してある)。これらは通常の一貫性のある単位よりも非常に大きいか非常に小さい量の数値を表現するのに便利である。CIPM の勧告 1 (1969 年) (p. 68 参照) に従って, これらの接頭語には **SI 接頭語**という名称が与えられている (これらの接頭語は, 第 4 章に記述してあるように非 SI の単位とともに用いられることもある)。しかしながら, 接頭

固有の名称の一つの例を挙げる。エネルギーに対する基本単位の特別な組み合わせ $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$ にはジュールという固有の名称, 記号 J が与えられている。そしてジュールの定義は, $J = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$ である。

化学結合の長さはメートル m よりもナノメートル nm を用いる方が, ロンドンからパリまでの距離は, メートル m よりもキロメートル km を用いた方が便利である。

* 訳注: 第 2 章で述べる SI 基本単位 (表 1), そのべき乗の積からなる SI 組立単位 (表 2), 固有の名称と記号を与えられた SI 組立単位 (表 3), 及び SI 基本単位と SI 組立単位のべき乗の積からなる SI 組立単位 (表 4) のことを本文書では「一貫性のある SI 単位」と呼ぶ。第 3 章で述べる SI 接頭語 (表 5) を付した単位は, SI 単位ではあるが一貫性のある単位ではない。

語が SI 単位とともに用いられるときには，その組み合わせは一貫性のあるものとはならない．なぜならば，接頭語は 10 のべき乗という数係数を組立単位と基本単位の関係式に事実上持ち込んでいるからである．

例外として，質量の基本単位キログラムは歴史的な理由によりその名称にキロという接頭語を含んでいる．それにも拘わらず，キログラムは SI の基本単位として採用されている．キログラムの 10 進の倍量及び分量を作るときは，単位の名称「グラム」に接頭語の名称を付加し，単位の記号「g」に接頭語の記号を付加するものとする(3.2 節, p. 36 参照)．したがって， 10^{-6} kg はミリグラム (mg) と書き，マイクロキログラム (μ kg) とは書かない．

SI 単位の全集合体とは，一貫性のある単位系とそれらの 10 進の倍量及び分量すなわち一貫性のある単位を SI 接頭語と組み合わせた単位を含む．これらの総体を全ての SI 単位 (*complete set of SI units*)，又は単に SI 単位 (*SI units*)，又は SI における単位 (*units of the SI*) と呼ぶ．しかしながら，SI 単位の 10 進の倍量及び分量は一貫性のある単位系を形成しない．

メートル毎秒 (記号 m/s) は速度の一貫性の有る SI 単位である．キロメートル毎秒: km/s, センチメートル毎秒: cm/s, ミリメートル毎秒: mm/s も SI 単位であるが，一貫性のある SI 単位ではない．

1.5 一般相対性理論の枠組みでの SI 単位

SI の基本単位の定義は，相対論的效果を考慮しない文脈で承認されている．この効果を考慮すれば，その定義はそれらの単位を現示する標準器の運動にかかわるごく狭い空間領域でしか適用されないことは明らかである．これらの SI 基本単位は，局所における固有単位 (*proper units*) である．つまり，それらは，特殊相対論の範囲の相対論的效果のみを考慮した局所実験を通じて実現されるものである．物理学上の定数は，固有単位で表された数値をもつ局所的な量である．

固有単位についての議論は 1991 年の国際天文学連合 (IAU) の第 21 回総会決議 A4, 及び一般相対性理論を計量学に適用するための CCDS の WG 報告書に記されている (Metrologia, 1997, 34, 261-290)．

単位の定義が物理的に現示されたものは通常は局所的に比較される．しかしながら周波数標準器については，電磁波信号を用いることによって非常に離れた場所同士での比較が可能である．それらの結果を解釈するためには，一般相対論的效果を考慮することが必要である．なぜなら，この理論が预言する効果の一つによれば，地球の表面での高度差で 1 m あたり，標準器の周波数の間に，相対値として約 1×10^{-16} に相当するシフトを生ずるからである．この効果の大きさは最良の周波数標準器の比較を行う際には無視することはできない．

1.6 生物学的な作用を記述する単位

生物学的な作用を記述する量の単位を SI 単位に関連づけるのはしばしば困難である．何故なら通常，生物学的効果には感度をあらかず重み係数が存在し，これが正確には知られていなかったり，ときには正確に定義されていなかったり，しかも重み係数の値がエネルギーや周波数 (あるいは波長) の関数であったりするからである．この節ではこれらの非 SI 単位について簡単にふれることにする．

光放射は、生物・非生物材料に化学変化をもたらすことがある。この性質は「アクティニズム」と呼ばれ、このような変化をもたらす可能性のある放射を「光化学的放射」と呼ぶ。ある場合には、この種の光化学的量や光生物学的量の計測結果を SI 単位の用語で表現することができる。これについては付録 3 で簡潔に述べる。

音は通常の大気圧に重畳された小さな圧力のゆらぎをもたらし、それが人の耳によって感知される。耳の感度は音の周波数に依存するが、圧力変化や周波数の単純な関数ではない。そこで、周波数に依存する重みづけした量が音響学では音の聞こえ方を近似するのに用いられる。そのような周波数で重みづけした量は、たとえば聴覚の損傷から保護する仕事において用いられる。医療診断や治療における超音波の影響にも同様の関心もたれている。

電離放射線は被照射物質にエネルギーを付与する。付与されたエネルギーの質量に対する比は、吸収線量と呼ばれる。大線量の電離放射線は細胞を殺すので、放射線治療に用いられている。異なる放射線照射による治療効果を比較するために、適切な生物学的荷重係数が用いられている。致命的ではない低線量は、例えば癌の誘発のような損傷を人体に引き起こすことがある。低線量では放射線防護規則の根拠として適切な危険度で加重した係数が用いられている。

医療診断や治療において用いられる、ある物質の生物活性を定量化するための一群の単位があるが、これらは今のところ SI 単位の用語で定義できない。これらの物質は特定の生物学的作用のために医療用途に用いられるが、その作用のメカニズムが、物理化学的なパラメーターとして定量化できるほど十分には理解されていないからである。人間の健康や安全の重要性の視点から、世界保健機関 (WHO) がこれらの物質の生物活性について WHO 国際単位 (IU) を定義する責任を負っている。

1.7 単位に対する法制

一般的なものであれ、国の通商、健康、保安及び教育などの特別な分野のためであれ、国策としての単位の使用に関する規則は立法の手段によって、それぞれの国家が制定している。ほとんどすべての国が、これらの立法を国際単位系に基づいて行っている。

1955 年に創設された国際法定計量機関 (OIML) はこれらの立法についての国際協調に取り組んでいる。

1.8 沿革

この章のここまでの記述で単位制度、特に国際単位系の制定までの経緯について簡潔に述べた。

第 9 回 CGPM (1948, 決議 6; CR, 64) は国際度量衡委員会 (CIPM) に対し、

- ・ 計量単位の完全な規則の確立を検討すること，
- ・ この目的のためにあらゆる国の科学，技術及び教育の各界における意見について公的な調査を開始すること，
- ・ **メートル条約** (*Convention du Mètre*) の全加盟国が採用しやすい一つの**実用計量単位系** (*practical system of units of measurement*) の確立に関する勧告を行うこと，

を指示した．

同総会はまたその決議 7 (CR, 70) により，単位記号の表記についての一般的な原則を定め，また固有の名称をもった諸単位についての一つの表を公布した．

第 10 回 CGPM (1954, 決議 6; CR, 80) 及び第 14 回 CGPM (1971, 決議 3; CR, 78 及び *Metlogia*, 1972, 8, 36) は次の七つの量，すなわち，長さ，質量，時間，電流，熱力学温度，物質量及び光度の単位を，実用単位系の基本単位として採用した．

第 11 回 CGPM (1960, 決議 12; CR, 87) はこの実用単位系に**国際単位系** (*Système International d'Unités*) という名称と国際的な略称 SI を採用し，接頭語，組立単位，以前に採用されていた補助単位についての規則，並びにその他の指示事項を与えた．このようにして計量単位のまとまった規則が確立された．その後続く CGPM 及び CIPM は，科学の進展，及び使用する立場からの必要性に応じてその都度，SI の当初の枠組みを充実させ必要な修正を加えた．

CGPM のこれらの重要な決定を導いた各歴史的段階における主要な事項は以下のように要約される．

- ・ フランス革命の時代における 10 進法によるメートル法の創設，引き続き 1799 年 6 月 22 日付けで，メートルとキログラムを表す二つの白金製標準器をパリの国立公文書館へ収蔵保管したことは現在における国際単位系につながる発展の第一歩と位置づけられる．
- ・ 1832 年，ガウス (Gauss) は物理学における一貫性のある単位系として，天文学から定義される秒を合わせ，このメートル法の適用を強く推奨した．ガウスは率先して長さ，質量，時間の量のそれぞれに対する**三つの力学系単位** (*three mechanical units*)，すなわちミリメートル，グラム，秒に基づいた 10 進法による地磁気の大きさの**絶対** (*absolute*) 測定を行った．後にガウスとウェーバ (Weber) は電気現象についての測定も行った．
- ・ マクスウェル (Maxwell) 及びトムソン (Thomson) は，1860 年代に英国科学振興協会 (BAAS: British Association for the Advancement of Science) において，電気学及び磁気学の分野におけるこれらの測定を，より完全な方法のもとに行うことを目指した．彼らは**基本** (*base*) 単位及び**組立** (*derived*) 単位から形成される**一貫性のある単位系** (*coherent system of*

units) の必要性を主張した。1874年にBAASは、三つの力学系単位、センチメートル、グラム、秒に基づく一貫性のある三元系単位系としてのCGS単位系(CGS system)を、10進の倍量及び分量(p. 35の訳注を参照)を与えるマイクロからメガまでの接頭語とともに導入した。それ以降にみられる実験科学としての物理学の発展は主にこの単位系の使用によるところが大きい。

- 電気学及び磁気学の分野にとって、選択されていた一貫性のあるCGS単位の大きさは便宜性に欠けることが明白となり、1880年代、BAAS及び国際電気標準会議(IEC)(フランス語ではCEIと表記)の前身である国際電気会議は相互に一貫性のある一組の**実用単位系**(*practical units*)を承認した。それらの単位には、電気抵抗に対するオーム、起電力に対するボルト及び電流に対するアンペアがある。
- 1875年5月20日の**メートル条約**の調印後、CIPMは長さ及び質量の基本単位としてのメートル及びキログラムとして選定すべき新しい原器の製作に専念した。1889年に開かれた第1回CGPMはメートル及びキログラムの国際原器を承認した。これらの単位は時間の単位である天文秒とともにCGS単位系と同様のメートル、キログラム及び秒を基本単位とする力学系の三元MKS単位系を構成した。
- ジオルジ(Giorgi)は1901年に、アンペアやオームのような電気的性質を示す第4の単位を三つの基本単位に追加し、そして電磁気学における数式をいわゆる有理化形式で記述することによって、唯一の一貫性のある四元系単位系を形成する目的で、このメートル・キログラム・秒の力学系単位系を電気系に対する実用単位系に統合することの可能性を示した。このジョルジの提案は別のいくつかの発展に道筋を開いた。
- 1921年の第6回CGPMでなされた物理学の他の分野へBIPMの展望と責任を拡張するための**メートル条約**の改定、そして1927年の第7回CGPMにおけるCCEの創設の後、ジョルジの提案はIEC、IUPAP及び他の国際機関により徹底的に議論された。これらの議論を受けて、CCEは1939年にメートル、キログラム、秒及びアンペアに基づいた四元系すなわち、MKSA単位系を提案した。これは1946年にCIPMによって承認された。
- BIPMにより1948年に開始された国際的な調査により、1954年に開かれた第10回CGPMは基本単位として、電流に対し**アンペア**(*ampere*)、熱力学温度に対し**ケルビン**(*kelvin*)、光度に対し**カンデラ**(*candela*)をそれぞれ承認した。1960年に開かれた第11回CGPMはこの単位系に**国際単位系**(*Système International d'Unités*)、略してSIという名称を与えた。1971年の第14回CGPMの際、物質質量に対する基本単位として**モル**(*mole*)が追加され、基本単位の数は現在知られているように計七つとなった。

2. SI 単位

2.1 SI 基本単位

すべての SI 基本単位に対する正式な定義*は CGPM によって承認されている。その最初の定義は 1889 年に承認され、もっとも新しいものは 1983 年である。これらの定義は、基本単位のより正確な現示が可能になるように、科学の進歩とともにその都度改正されている。

2.1.1 定義

それぞれの基本単位についての現行の定義はそれを承認した CGPM の総会報告 (*Comptes Rendus: CR*) から抜粋されており、ここでは太字のゴシック体により行を右に字下げして示される。正式な定義文には含まれないが、それに対応する総会報告又は CIPM の議事録 (*Procès-Verbaux: PV*) から抜粋された決定事項のうち、これらの定義を明確にするための事項は細字体で定義文と同じく字下げして示されている (訳注: 日本語版文書ではここで説明したような体裁になっていない)。近年のこれらの決定事項は *Metrologia* でも参照できる。定義文を除いた部分の文章は、それぞれの歴史的な経緯及びその補則事項 (日本語版文書では「補則:」として示す) を表している。

単位の定義とその現示方法とを区別することは重要である。それぞれの SI 基本単位は、最も正確で再現性のある計測を行うために確固たる理論に基づいて、曖昧さのないように定義されている。単位の定義の現示方法とは、単位となる量の値とそれに付随する不確かさを確定するために、定義をどのように利用したらよいかを示したものである。幾つかの重要な単位の定義が実際にどのように現示されているのかについては下記の BIPM website に記述されている。

www.bipm.org/en/si/si_brochure/appendix2/

一貫性のある SI 組立単位は唯一 SI 基本単位によってのみ定義される。例えば、一貫性のある SI 組立単位である電気抵抗オーム (Ω) は、電気抵抗という量の定義から唯一 $\Omega = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-2}$ なる関係式によってのみ定義される。しかしながら、ある SI 単位を現示するためには、物理法則に従ってさえいれば如何なる方法を用いてもよい。例えば、オームという単位は量子ホール効果と CIPM が推奨するフォン・クリツィング定数 (von Klitzing constant) の値を用いて極めて正確に現示することができる (付録 1 の p. 77 と p. 80 にあるそれぞれの議事録参照)。

* 訳注: 基本単位の定義文は、定義された時代背景や原文作成者の違いなどの理由で不揃いで、日本語による表現にも全体の統一性に欠ける。また、原定義文は、量と単位に対する概念の混乱などがあり、CCU ではこれらの不揃いを正し、より明確な SI 基本単位の定義とするための検討が開始されている。

最後に、七つの基本量である長さ、質量、時間、電流、熱力学温度、物質
量、光度は便宜的に独立であると考えられているが、それらの基本単位で
あるメートル、キログラム、秒、アンペア、ケルビン、モル、カンデラは多く
の場合、互いに依存しているということを知っておく必要がある。長さの定
義は秒を、アンペアの定義はメートル、キログラム、秒を、モルの定義はキ
ログラムを、カンデラの定義はメートル、キログラム、秒を取り込んでいる。

2.1.1.1 長さの単位（メートル）

白金イリジウム製の国際原器に基づいて 1989 年に効力を発したメートル
の定義は、第 11 回 CGPM (1960) において、クリプトン 86 からの放射の波
長に基づいた定義に置き換えられた。この変更は、可動顕微鏡を備えた干渉
計を用いて測定の不確かさが改善されたことを受け、メートルの定義の正確
さを改善するために採用された。この干渉計ではでフリンジを計数する際に
可動顕微鏡を用いて光路長差を測定する。更に、第 17 回 CGPM (1983, 決
議 1; CR, 97 及び *Metrologia*, 1984, 20, 25) は 1983 年にこの定義を次のように
置き換えた。

**メートルは、1 秒の 299 792 458 分の 1 の時間に光が真空中を伝わる行
程の長さである。**

したがって、真空中の光の速さは正確に 299 792 458 メートル毎秒、 $c_0 =$
299 792 458 m/s である。1889 年の第 1 回 CGPM (CR, 34-38) で採択された
当初の定義に用いられた国際メートル原器は 1889 年に取り決められた条件
で BIPM に引き続き保管されている。

記号 c_0 は真空中での光の速さ
を表す慣習的な記号である (c
と書かれることもある)。

2.1.1.2 質量の単位（キログラム）

白金・イリジウム製の人工物である国際キログラム原器は、1889 年に開
かれた第 1 回 CGPM (CR, 34-38) において、国際原器として採択されたと
きに、以下に示す声明とともに取り決められた条件で BIPM に保管されてい
る。

今後この原器は質量の単位と見なされる。

第 3 回 CGPM (1901, CR, 70) は日常的な使い方の中に残っている「重量」
という用語の曖昧さに終止符をつけるために、以下のような声明による確認
を行った。

**キログラムは質量の単位であって、単位の大きさは国際キログラム原器
の質量に等しい。**

完全な声明の内容は p. 55 に示される。

その結果、国際原器の質量は、恒に厳密に 1 キログラム、すなわち
 $m(K) = 1 \text{ kg}$ である。しかしながら、国際原器は、表面への不純物の吸着が避

記号 $m(K)$ は、国際キログラム
原器 K の質量を表すのに用い
られる。

けられないため、一年に質量で $1 \mu\text{g}$ に近い可逆的な汚染を被る。このため、CIPM は、さらなる研究が急務であることを踏まえつつ、国際原器の参照質量は決められた方法 (PV, 1989, 57, 104-105 及び PV, 1990, 58, 95-97) で洗浄された直後の質量とすることを明示した。このように定義された参照質量が、白金・イリジウム合金の各国の標準器を校正するのに使用される。(Metrologia, 1994, 31, 317-336).

2.1.1.3 時間の単位 (秒)

時間の単位である秒は、当初は平均太陽日の $1/86\,400$ 倍として定義された。「平均太陽日」の正確な定義は天文学者に任されていた。

しかしながら、彼らの観測結果は、地球の自転の不規則性が原因となり、要求される正確さで平均太陽日の定義が保証されないことを明らかにした。時間の単位の定義をよりいっそう明確にするため、第 11 回 CGPM (1960, 決議 9; C7, 86) は、国際天文学連合によって与えられた太陽年に基づく定義を承認した。

しかしながら、実験研究によると、既に原子又は分子の二つのエネルギー準位間の遷移に基づく原子標準器の方が時間の間隔をはるかに良い確度で実現し再現することが示されていた。

第 13 回 CGPM (1967-1968, 決議 1; CR, 103 及び Metrologia, 1968, 4, 43) は、科学や技術に対して、国際単位系における時間の単位に高度に明確な定義を与えることが不可欠であることに考慮して、秒の定義を次のように置き換えることを決定した。

秒は、セシウム 133 の原子の基底状態の二つの超微細構造準位の間遷移に対応する放射の周期の $9\,192\,631\,770$ 倍の継続時間である。

すなわち、セシウム 133 原子の基底状態における超微細分離は正確に $9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$, $\nu(\text{hfs Cs}) = 9\,192\,631\,770 \text{ Hz}$ である。

CIPM は 1997 年の会議において以下のような確認をおこなった。

補則: この定義は温度 0 K のもとで静止した状態にあるセシウム原子に基準を置いている。

この注記は SI 秒の定義が、黒体放射により摂動を受けないセシウム原子に基づいていることを明確にしている。すなわち、周囲環境が熱力学的温度で 0 K である。それゆえ、1999 年の CCTF 会合で提示されたように、全ての一次周波数標準器では、周囲環境の放射によるシフトが補正されなければならない。

2.1.1.4 電流の単位 (アンペア)

電流と抵抗のいわゆる「国際電気単位」は、1893 年シカゴで開かれた国際電気会議で発表された。そして、「国際アンペア」と「国際オーム」の定

$\nu(\text{hfs Cs})$ というシンボルは、セシウム原子の基底状態における超微細遷移周波数であることを示す。

義が 1908 年のロンドン国際会議において追認された。

この「国際電気単位」をいわゆる「絶対単位」に置き換えようという要望が全員異議のないものであることは既に第 8 回 CGPM (1933 年) の際に明らかであったが、この「国際電気単位」を廃止する正式な決定は第 9 回 CGPM (1948 年) においてようやくなされた。この総会において、CIPM (1946, 決議 2; PV, 20, 129-137) から提案されていた次のような、電流の単位アンペアの定義が採択された。

アンペアは、真空中に 1 メートルの間隔で平行に配置された無限に小さい円形断面積を有する無限に長い二本の直線状導体のそれぞれを流れ、これらの導体の長さ 1 メートルにつき 2×10^{-7} ニュートンの力を及ぼし合う一定の電流である。

これにより、磁気定数 μ_0 (すなわち自由空間の透磁率) は正確に $4\pi \times 10^{-7}$ ヘンリー毎メートル、すなわち $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m となる。

もとの文中にあった「力の MKS 単位」という表現は、ここでは、第 9 回 CGPM (1948, 決議 7; CR, 70) で採択された名称「ニュートン」に置き換えてある。

2.1.1.5 熱力学温度の単位(ケルビン)

熱力学温度の単位の定義は、第 10 回 CGPM (1954, 決議 3; CR, 79) によって事実上与えられた。この総会は、水の三重点を基本的な定点として選び、それに 273.16 K の温度を付与することにより単位を定義した。第 13 回 CGPM (1967-1968, 決議 3; CR, 104 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43) は名称「ケルビン度」(記号 °K) に代えて名称「ケルビン」(記号 K) を採用し、熱力学温度の単位を次のように定義した (決議 4; CR, 104 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43)。

熱力学温度の単位、ケルビンは、水の三重点の熱力学温度の 1/273.16 である。

水の三重点の熱力学温度は厳密に 273.16 K であり $T_{\text{tpw}} = 273.16$ K ということになる。

T_{tpw} という記号は水の三重点の熱力学温度を表すのに使われている。

CIPM は 2005 年の会議で次のように確定した。

補足：この定義は、下記の物質量の比により厳密に定義された同位体組成を持つ水に関するものである：1 モルの ^1H あたり 0.000 155 76 モルの ^2H 、1 モルの ^{16}O あたり 0.000 379 9 モルの ^{17}O 、及び 1 モルの ^{16}O あたり 0.002 005 2 モルの ^{18}O 。

以前に用いられた温度目盛の定義に由来して、熱力学温度 (記号 T) を表すのに、参照温度 $T_0 = 273.15$ K (氷点) からの差を用いて表す方法が、今も広く使われている。この差はセルシウス温度 (記号 t) と呼ばれ、次の量方程式により定義される。

$$t = T - T_0$$

セルシウス温度の単位はセルシウス度であり、記号は $^{\circ}\text{C}$ で、定義によりケルビンの大きさに等しい。温度の差または間隔はケルビンまたはセルシウス度のどちらによっても表すことができ（上記の第13回CGPM, 1967-1968年, 決議3）、その数値は同じになる。ただし、セルシウス度で表したセルシウス温度の数値はケルビンで表した熱力学温度の数値に対して次の関係を持つ。

$$t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273.15$$

ケルビンとセルシウス度は双方とも1989年のCIPMの勧告5 (CI-1989) (PV, 57, 115 及び *Metrologia*, 1990, 27, 13) で採択された1990年国際温度目盛 (ITS-90) においても用いられる単位である。

2.1.1.6 物質量の単位 (モル)

化学の基本的な諸法則の発見にともなって、各種の化学元素または化合物の量を特定するために、例えば「グラム原子」及び「グラム分子」という名称の単位が用いられてきた。これらの単位は、実際には、相対的な質量である「原子量」や「分子量」に直接関連づけられていた。「原子量」は元来、取決めによりその値を16と決めた化学元素である酸素の原子量に関係づけられていた。しかし、物理学者が質量分析器により酸素の同位体を分離しその同位元素の一つに16という値を付与した。一方、化学者の方では自然の状態で存在する酸素の同位体16, 17, 18の（組成はわずかに変動する）混合体である酸素元素に同じ16という数値を与えていた。国際純正・応用物理学連合 (IUPAP) と国際純正・応用化学連合 (IUPAC) との合意が1959/1960年この二重性に終止符を打った。そのとき以来、物理学者と化学者は、質量数12の炭素の同位体（炭素12, ^{12}C ）の、正しくは相対原子質量 $A_r(^{12}\text{C})$ と呼ばれる、いわゆる原子量に、正確に数値12を付与することに同意している。この様にして得られた統一目盛が相対原子質量及び相対分子質量を与え、それぞれ原子量及び分子量としても知られている。

相対原子質量（原子量）に対して勧告された記号は $A_r(X)$ であり、ここでは原子要素粒子 X を規定し、また、分子の相対分子質量（分子量）についての記号は $M_r(X)$ であり、ここでは分子要素粒子 X を規定する。

化学元素や化合物の量を特定するために化学者によって使われる量は現在では「物質量」(amount of substance) と呼ばれる。物質量は試料中の特定要素粒子の数に比例すると定義され、その比例定数はすべての試料に対して同一の普遍定数である。物質量の単位はモル（記号 mol）と呼ばれ、モルは1モルの炭素12原子を構成する炭素12の質量を規定することにより定義される。国際的合意により、これは0.012 kg すなわち12 g と決定された。

CIPMは、IUPAP, IUPAC 及び ISO の提案に従って1967年にモルの定義を与え、1969年に確認した。さらにこの定義は最終的に第14回CGPM (1971, 決議3; CR, 78 及び *Metrologia*, 1972, 8, 36) によって採択された。

1. モルは、0.012 キログラムの炭素12の中に存在する原子の数に等し

い数の要素粒子を含む系の物質量であり、単位の記号は mol である。

2. モルを用いるとき、要素粒子（訳注：elementary entities）が指定されなければならないが、それは原子、分子、イオン、電子、その他の粒子又はこの種の粒子の特定の集合体であってよい。

したがって、炭素 12 のモル質量は正確に 12 グラム毎モル、 $M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ であることになる。

1980 年、CIPM は CCU (1980) で特定された以下の報告を承認した。

補則：この定義の中で、炭素 12 の原子は結合しておらず、静止しており、基底状態にあるものを基準とすることが想定されている。

モルの定義は、いかなる試料についても要素粒子の数を物質量に関係づける普遍定数の値をも決定する。この定数はアボガドロ定数（記号 N_A 又は L ）と呼ばれる。 $N(X)$ を特定試料中の要素粒子 X の数とし、 $n(X)$ を同一試料中の要素粒子 X の物質量とすれば、以下の関係式が得られる。

$$n(X) = N(X)/N_A$$

ここで、 $N(X)$ は無次元量であり、 $n(X)$ は SI 単位モルをとるため、アボガドロ定数はモルの逆数のコヒーレントな SI 単位をもつことに注意。

「物質量」という用語において、「物質」という単語は単純化のために、特定の応用に関する物質を特定する言葉に置き換えることができ、例えば、「塩化水素 (HCl) の量」、又は「ベンゼン (C_6H_6) の量」と言ってよい。含まれる要素粒子を精密に規定することは（モルの定義の第 2 章で強調したように）常に重要であり、そのためには含まれる物質の実験化学式を示すことが望ましい。量 (amount) という単語にはより一般的な辞書の定義があるが、フルネームである「物質量」(amount of substance) の短縮形として簡略化して使用してもよい。これは物質量濃度 (amount of substance concentration) のような組立量にも応用でき、単に量濃度 (amount concentration) とも呼ばれる。しかし、臨床化学の分野では一般的に「物質量濃度」という用語は「物質濃度」(substance concentration) に短縮される。

2.1.1.7 光度の単位 (カンデラ)

1948 年以前に多くの国で使われていた炎または白熱フィラメント方式の標準器に基づく光度の単位は、最初に白金の凝固点の温度におけるプランクの放射体（黒体）の輝度に基づいた「ブージ・ヌーベル」（訳注：日本では「新燭」と称した）に置き換えられた。この変更は 1937 年以前から国際照明委員会 (CIE) と国際度量衡委員会によって準備されており、そして、1946 年の国際度量衡委員会において決定が発表された。この変更はそれから、この単位に対しての新しい国際的名称であるカンデラ（記号 cd）を採択した 1948 年の第 9 回国際度量衡総会によって承認され、1967 年に第 13 回国際度

原子又は分子 X のモル質量は、記号が $M(X)$ 又は M_x であり、 X のモル当たりの質量である。

モルの定義が引用されるとき、約束として上記の追記（補則）を含むこととする。

量衡総会（決議 5, CR, 104 および *Metrologia*, 1968, 4, 43-44）は、この定義の修正版を与えた。

1979 年に、高温においてプランクの放射体を実現することの困難さや、放射測定、すなわち光放射パワーの測定によってもたらされる新たな可能性などから、第 16 回国際度量衡総会（1979 年、決議 3; CR, 100 および *Metrologia*, 1980, 16, 56）は、カンデラの新しい定義を採択した。

カンデラは、周波数 540×10^{12} ヘルツの単色放射を放出し、所定の方向におけるその放射強度が 1/683 ワット毎ステラジアンである光源の、その方向における光度である。

これにより、周波数 540×10^{12} ヘルツの単色放射に対する分光視感度は正確に 683 ルーメン毎ワット、すなわち $K = 683 \text{ lm/W} = 683 \text{ cd sr/W}$ である。

2.1.2 基本単位の記号

国際単位系の七つの基本単位が、その名称、記号とともに表 1 にまとめられている（第 10 回 CGPM（1954, 決議 6; CR, 80）、第 11 回 CGPM（1960, 決議 12; CR, 87）、第 13 回 CGPM（1967-1968, 決議 3; CR, 104 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43）、第 14 回 CGPM（1971, 決議 3; CR, 78 及び *Metrologia*, 1972, 8, 36））。

表 1 SI 基本単位

基本量		SI 基本単位	
名称	記号	名称	記号
長さ	l, x, r など	メートル	m
質量	m	キログラム	kg
時間	t	秒	s
電流	I, i	アンペア	A
熱力学温度	T	ケルビン	K
物質質量	n	モル	mol
光度	I_v	カンデラ	cd

量の記号は、通常、ローマ字またはギリシャ文字 1 文字を、イタリックの書体で用いる。どの文字を使うかは、単に推奨である。

単位の記号は、それぞれ決まったものが指定されている。
5 音参照

2.2 SI 組立単位

組立単位とは、基本単位のべき乗の積である。一貫性のある組立単位*とは、1 以外の係数を含まない基本単位のべき乗の積である。SI の基本単位と一貫性のある組立単位は、一貫性のある SI 単位と呼ばれる一貫性のある集合を形成する。

* 「一貫性のある」については 1.4 節参照

2.2.1 基本単位を用いて表される SI 組立単位

科学で用いられる量の数に限りはないので、組立量と組立単位をすべて列挙することは不可能である。表 2 に、いくつかの組立量と、それに対応する、

基本単位を用いて直接表される一貫性のある組立単位の例を示した。

表 2 基本単位を用いて表される一貫性のある SI 組立単位の例

組立量		一貫性のある SI 組立単位	
名称	記号	名称	記号
面積	A	平方メートル	m^2
体積	V	立方メートル	m^3
速さ, 速度	v	メートル毎秒	m/s
加速度	a	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	$\sigma, \tilde{\nu}$	毎メートル	m^{-1}
密度, 質量密度	ρ	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
面密度	ρ_A	キログラム毎平方メートル	kg/m^2
比体積	v	立方メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	j	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	H	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	c	モル毎立方メートル	mol/m^3
質量濃度	ρ, γ	キログラム毎立方メートル	kg/m^3
輝度	L_v	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率 ^(b)	n	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	μ_r	(数字の) 1	1

(a) 量濃度(amount concentration)は臨床化学の分野では物質濃度(substance concentration)ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元 1 を持つ量であるが, そのことを表す単位記号である数字の 1 は通常は表記しない。

2.2.2 固有の名称と記号をもつ単位, 並びにそれらと結合して作られる単位

利便性の観点から, いくつかの一貫性のある組立単位は固有の名称とそれらに与えられた独自の記号をもっている。そのような単位は 22 あり表 3 に示される。これらの固有の名称と記号は, それら自体, 基本単位や他の組立単位の名称と記号といっしょに, 別の組立量の単位を表すために用いることができる。いくつかの例を表 4 に示す。固有の名称と記号は, 頻繁に使われる基本単位の組み合わせを単に簡潔な形式で表記したものであるが, 多くの場合, 読む人に対して意味する量を明確にするのにも役立っている。SI 接頭語をこれら固有の名称と記号とともに使用することはできるが, その場合その単位は一貫性のあるものとはいえなくなる。

表 3 の下方に示す最後の 4 つの単位の名称と記号は特別なものである。それらは第 15 回 CGPM(1975, 決議 8 及び 9; CR, 105 及び *Metrologia*, 1975, **11**, 180), 第 16 回 CGPM(1979, 決議 5; CR, 100 及び *Metrologia*, 1980, **16**, 56), 及び第 21 回 CGPM(1999, 決議 12; CR 334-335 及び *Metrologia*, 2000, **37**, 95) において人の健康保護の観点から特別に認められた。

表 3 及び表 4 の右端の欄には, これらの SI 単位を SI 基本単位の関数とし

てどの様に表すかを示している。この欄で、数値の 1 に等しいとみなされる m^0 , kg^0 などのような因子は一般に明示しない。

表 3 固有の名称と記号で表される一貫性のある SI 組立単位

組立量	名称	記号	他の SI 単位による表し方	SI 基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	V s	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C	K	
光束	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酵素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI 接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組合せても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の 1 に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号 rad 及び sr が用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の 1 は明示されない。

(c) 測光学ではステラジアンという名称と記号 sr を単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で "radioactivity" と記される。

(g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) については度量衡委員会勧告 2 (CI-2002) p. 168 を見よ。

表 4 単位の中に固有の名称と記号を含む一貫性のある SI 組立単位の例

組立量	一貫性のある SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa s	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N m	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg s^{-2}
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-1} = \text{s}^{-1}$
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	$\text{m m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{s}^{-2}$
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s^{-3}
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム 毎ケルビン	J/(kg K)	$\text{m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
熱伝導率	ワット毎メートル 毎ケルビン	W/(m K)	$\text{m kg s}^{-3} \text{K}^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	$\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$\text{m kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	$\text{m}^{-3} \text{s A}$
表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	$\text{m}^{-2} \text{s A}$
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	$\text{m}^{-2} \text{s A}$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$\text{m}^{-3} \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$\text{m kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{mol}^{-1}$
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル 毎ケルビン	J/(mol K)	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
照射線量 (X 線及び γ 線)	クーロン毎キログラム	C/kg	$\text{kg}^{-1} \text{s A}$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$\text{m}^2 \text{s}^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$\text{m}^4 \text{m}^{-2} \text{kg s}^{-3} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル 毎ステラジアン	W/(m ² sr)	$\text{m}^2 \text{m}^{-2} \text{kg s}^{-3} = \text{kg s}^{-3}$
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	$\text{m}^{-3} \text{s}^{-1} \text{mol}$

いくつかの異なった量の値が同一の SI 単位の名称と記号に対応することがある。熱容量という量と同様エントロピーという量に対する SI 単位はジュール毎ケルビンである。また同様に、基本量としての電流と同様に組立量である起磁力に対する SI 単位はアンペアである。それゆえに測定される量を知らしめるためには単位の名称を示すだけでは十分でない。この取決めは科学的及び技術的文書に対してのみ適用されるだけでなく、例えば測定機器に対しても適用される(すなわち測定機器は単位の表示だけでなく測定される量も与えなければならない)。

組立単位は、基本単位の名称及び組立単位の固有の名称を用いて、いくつかの異なった形式で表される。例えば、ジュールは、形式的にニュートンメートル又はキログラムメートル²乗毎秒毎秒と表せる。しかし、この代数的な自由度は常識的な物理学的考察によって制約される。状況によっては、ある形式によるものが他のものより有用となる場合もある。

実際には、ある量に対して、固有の単位名をつかうか、単位名の組み合わせを使うかの選択は、同じ次元を持つ異なる量を区別しやすいように、どちらかを優先することとなる。この自由度を行使するときは、その量が定義された経緯を想起すればよいであろう。例えば、トルクという量は、力と距離の外積と考えれば、ニュートンメートルという単位を使えばよく、角度あたりのエネルギーと考えるならジュール毎ラジアンとなろう。周波数の SI 単位は、1 秒あたりの回転数を表すヘルツである。角速度の SI 単位はラジアン毎秒、また放射能 (activity) の SI 単位は 1 秒あたりの計数の単位としてベクレルであることが要請される。したがって、これら 3 種類の量の単位すべてに秒の逆数を用いることは形式的には正しいが、異なる名称を用いることで着目している量の性質が異なることを強調することができる。同様に、角速度にラジアン毎秒、周波数にヘルツを用いるのは、ラジアン毎秒を単位として表された角速度の数値が、それに対応するヘルツで表された周波数の数値の 2π 倍であることを強調している。

電離放射線の分野でも、放射能の SI 単位は毎秒でなくてベクレルが要請され、吸収線量及び線量当量の SI 単位はジュール毎キログラムでなく、それぞれグレイ及びシーベルトが要請される。毎秒及びジュール毎キログラムのような単位を使用することによって、互いに異なる量を間違えて同一視するなど、誤解によって人の健康保護に対し重大な危険を生じる恐れがあるとの理由で、固有の名称ベクレル、グレイ及びシーベルトのような単位が特別に導入された。

2.2.3 無次元量の単位、次元が 1 である量

ある種の量は二つの同じ種類の量の比として定義され、このような量は無次元または数字の 1 で表される次元をもつ。そのような無次元量または次元 1 の量に対する一貫性のある SI 単位は、二つの同一の SI 単位の比として関係づけられるので数字の 1 となる。これらの量の値は数のみで表され、一般に単位である数字の 1 は明示されない。そのような量の例は、屈折率、比透磁率、又は摩擦係数などである。また、単純な量の複雑な積が無次元になるように定義された量もある。レイノルズ数 $Re = \rho v l / \eta$ などの「特性数」はその例であり、ここで ρ は質量密度、 η は粘度、 v は速度、 l は長さである。これらすべての単位は数字の 1 であり、無次元の組立単位と考えられる。

無次元量の他のグループには、分子数、縮退度 (エネルギー準位の重なり の個数を表す)、統計熱力学における分配関数 (熱的に実現可能な状態の数) など個数を表す数がある。基本単位で表される組立単位とは言えないが、これら個数の計数にかかわる量のすべては、次元の無い又は次元が 1 の量として記述され、単位として SI 単位 1 をもつ。このような量についての単位 1 は、さらなる基本単位と考えるべきかもしれない。

ある場合には、議論している量を特定し易くするために、この単位 1 に固

CIPM は人体の健康に関連した単位の重要性を特別に認識し、シーベルトに関して、この文書第 5 版に示された詳細な記述内容を承認した。CIPM に採択された勧告 1 (CI-1984) (PV, 1984, 52, 31 及び Metrologia, 1985, 21, 90), 勧告 2 (CI-2000) (PV, 70, 205) を参照。pp. 161-168 を見よ。

有の名称が与えられる。ラジアンとステラジアンがこれに該当する。ラジアンとステラジアンは、それぞれ平面角と立体角を表す一貫性のある組立単位として CGPM で認められており、表 3 に含まれている。

3. SI 単位の 10 進の倍量及び分量

3.1 SI 接頭語

第 11 回 CGPM (1960, 決議 12; CR, 87) は, SI 単位の大きさに乗じられる因数のうち 10^{12} から 10^{-12} 倍までの範囲で SI 単位の 10 進の倍量及び分量に対する名称と記号を与える一連の接頭語の名称とその記号を採択した。 10^{-15} から 10^{-18} までの範囲のべき数を意味する接頭語は第 12 回 CGPM (1964, 決議 8; CR, 94) で追加され, 10^{15} から 10^{18} までは第 15 回 CGPM (1975, 決議 10; CR, 106 及び *Metrologia*, 1975, 11, 180-181) において, さらに 10^{21} , 10^{24} , 10^{-21} , 10^{-24} については第 19 回 CGPM (1991, 決議 4; CR, 185 及び *Metrologia*, 1992, 29, 3) でそれぞれ追加された。表 5 は現在までに採択されている接頭語と記号を表す。

表 5 SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10^1	デカ	da	10^{-1}	デシ	d
10^2	ヘクト	h	10^{-2}	センチ	c
10^3	キロ	k	10^{-3}	ミリ	m
10^6	メガ	M	10^{-6}	マイクロ	μ
10^9	ギガ	G	10^{-9}	ナノ	n
10^{12}	テラ	T	10^{-12}	ピコ	p
10^{15}	ペタ	P	10^{-15}	フェムト	f
10^{18}	エクサ	E	10^{-18}	アト	a
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-21}	セプト	z
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-24}	ヨクト	y

接頭語の記号は, その周囲の文章の様式とは関係なく, 単位記号と同様に常にローマン体(立体)で表し, 接頭語の記号と単位記号の間に空白(space)を挿入せずに単位記号の直前に置く。da(デカ), h(ヘクト), k(キロ)を除く他の全ての接頭語は, 正のべき乗を表す場合には大文字, 負のべき乗を表す場合には小文字で表される。文章の最初に現れる場合を除き, 接頭語の名称のつづりには全て小文字を用いる。

接頭語の記号と単位記号を結合して作られた全体は, 不可分な新しい単位記号(その単位の 10 進の倍量及び分量の単位記号)を形成し, これを正又は負の指数でべき乗したり, これを他の単位記号と組み合わせて合成単位を形成してもよい。

例: $2.3 \text{ cm}^3 = 2.3 (\text{cm})^3 = 2.3 (10^{-2} \text{ m})^3 = 2.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
 $1 \text{ cm}^{-1} = 1 (\text{cm})^{-1} = 1 (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}$
 $1 \text{ V/cm} = (1 \text{ V})/(10^{-2} \text{ m}) = 10^2 \text{ V/m} = 100 \text{ V/m}$

これらの SI 接頭語は 10 の整数乗を表す。それらを決して 2 のべき乗を表すために用いてはならない(例えば, 1 キロビットは 1000 ビットであり, 1024 ビットではない)。IEC 規格 60027-2: 2005, 第 3 版, 電気用文字記号 第 2 部: 電気通信及びエレクトロニクス (IEC 60027-2: 2005, third edition, Letter symbols to be used in electrical technology – Part 2: Telecommunications and electronics) では 2^{10} , 2^{20} , 2^{30} , 2^{40} , 2^{50} , 及び 2^{60} に対する接頭語がそれぞれ以下のように定義されている。

名称	記号
キビ(kibi)	Ki
メビ(mebi)	Mi
ギビ(gibi)	Gi
テビ(tebi)	Ti
ペビ(pebi)	Pi
エクスピ(exbi)	Ei

例えば, 1 キビバイトは $1 \text{ KiB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$ と書き表される。ここで, B はバイトを表す。これらの接頭語は SI に属さないが, SI 接頭語の誤用を避けるために, 情報工学の分野では既に用いられている。

例:
 pm (ピコメートル)
 mmol (ミリモル)
 G Ω (ギガオーム)
 THz (テラヘルツ)

$$5000 \mu\text{s}^{-1} = 5000 (\mu\text{s})^{-1} = 5000 (10^{-6} \text{s})^{-1} = 5 \times 10^9 \text{s}^{-1}$$

同様に接頭語の名称はその後に続く単位の名称とは不可分である。例えば、ミリメートル (millimetre), マイクロメートル (micrometre), メガニュートン (meganewton) などのように一つの単語として表す。

複数の接頭語を並べて作るような合成接頭語を用いてはならない。この原則は複数の接頭語の名称についても適用される。

接頭語の記号を単独で用いたり, 数字の 1 すなわち単位 1 の記号の後に続けて用いてはならない。

接頭語の名称と記号は多くの非 SI 単位(5 章参照)とともに用いられるが, 時間を表す非 SI 単位である分 (min), 時 (h), 日 (d) とは一緒に用いてはならない。しかし, 天文学では非常に小さい角度を測定するための単位として記号 mas で表されるミリアーク秒 (milliarcsecond) や記号 μas で表されるマイクロアーク秒 (microarcsecond) などが用いられている。

例: nm (ナノメートル)
不適例: m μ m (ミリマイクロメートル)

例えば試料に含まれる鉛の原子の数を $N(\text{Pb}) = 5 \times 10^6$ と表現してもよいが, M (メガ) を単独で使用できる接頭語であると解釈して $N(\text{Pb}) = 5 \text{ M}$ と表現してはならない。

3.2 キログラム

国際単位系の基本単位の中で, 質量の単位は, 歴史的理由により, その名称の中に接頭語を含んでいる唯一のものである。質量の単位の 10 進の倍量及び分量を作る接頭語の名称と記号は, 単位の名称「グラム」に接頭語の名称を, また単位の記号「g」に接頭語の記号をそれぞれ附加して作るものとする (CIPM, 1967, 勧告 2; PV, 35, 29 及び *Metrologia*, 1968, 4, 45)。

例: $10^{-6} \text{ kg} = 1 \text{ mg}$ (1 ミリグラム)
不適例: $1 \mu\text{kg}$ (1 マイクロキログラム)

4. SI に属さない単位

CGPM により採択された国際単位系 (SI) は、他のすべての単位を定義するための国際的に合意された基準としての役割をもつ。科学、技術、工学、及び通商のあらゆる場面において、SI 単位を使用することが推奨される。SI 基本単位、及び固有の名称をもつものも含めた一貫性のある*SI 組立単位は、量方程式に量の値を代入する際に単位の換算を必要としない、すなわち一貫性のある単位系を形成するという一大長所をもっている。国際単位系 (SI) は世界的に認められた唯一の単位系なので、国際的対話の構築において明らかな優位性を持っている。万人がこの単位系を使うことで、結果的には次の世代へと科学と技術を伝承することが容易になる。

それにもかかわらず、いくつかの非 SI 単位 (non-SI units) **が科学、技術及び通商に関する文書の中で今なお広く用いられていることが認められ、それらのいくつかは今後も長く使われることが予想される。非 SI 単位のいくつかは、広く認められた文書の中で歴史的に重要な意味を持っている。時間や角度の単位のような非 SI 単位は日常生活で広く使われ、人類の歴史や文化に深く根ざしているため、これらは今後いつまでも長く未来にわたって使われるだろう。科学者には、彼らの仕事の中において特段に科学的有利さを持つものとして非 SI 単位を時には使用する自由がある。量子電磁気学や相対論に適用される電磁気学理論における CGS ガウス単位系の使用はこの例である。これらの理由により、下記に示すように、より重要な非 SI 単位を表に示すことは助けになる。しかしながら、これらの単位を使うと、国際単位系 (SI) としての優位性は失われる。

本文書は非 SI 単位についての記述を含んでいるが、これらの単位の使用を推奨するものではない。既に述べたように、SI 単位は通常、優先して使用されるべきものである。SI 単位と非 SI 単位とを混ぜて使うことは避けることが望ましい。特に合成単位を形成するために、SI 単位とそのような単位とを結合することは、SI 単位の使用により享受される優位さが失われないよう特別な場合に限定すべきである。表 7, 8, 9 に示した非 SI 単位を用いる場合は、対応する SI 単位でその非 SI 単位を定義するのが望ましい。

4.1 SI と併用される非 SI 単位、及び基礎定数をよりどころとする単位

CIPM (2004 年) は、本冊子の旧版である第 7 版にあった非 SI 単位の分類を改めた。表 6 には、日々の生活で広く SI とともに用いられているため、CIPM により国際単位系と併用することが認められている非 SI 単位を列挙している。これらの使用は今後ずっと続くものと考えられ、SI 単位により正確

* 「一貫性のある」については 1.4 節参照

** SI に属さない単位の記述は、英語版の記述 (non-SI units) を重視し、非 SI として統一した。

な定義が与えられている。表 7, 8, 及び 9 は, 特別な状況でのみ使用される単位を含んでいる。表 7 の単位は基礎定数に関連するものであり, その数値が実験的に決定されるものである。表 8 及び 9 は, SI 単位による正確な定義が与えられ, 通商, 法律, 又は特別な科学分野からの要請に対応するために, 特定の状況で使用される単位を含む。これらの単位は今後も長く使用され続けるであろう。これらの単位の多くは, 過去の科学文献を解釈するために重要でもある。表 6, 7, 8, 及び 9 についてはそれぞれ順次説明する。

表 6 は時間と角度について古くから使われている単位を含む。また, ヘクタール, リットル, 及びトンといった全世界で慣用的に日常使われる単位を含む。これらは, 対応する一貫性のある SI 単位と 10 の整数乗分だけ異なっている。SI 接頭語は, これらの単位のいくつかと併用されるが, 時間の非 SI 単位とは併用されない。

表 6 SI 単位と併用される非 SI 単位

量	単位の名称	単位の記号	SI 単位による値
時間	分	min	1 min = 60 s
	時 ^(a)	h	1 h = 60 min = 3600 s
	日	d	1 d = 24 h = 86 400 s
平面角	度 ^(b, c)	°	1° = (π/180) rad
	分	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
	秒 ^(d)	"	1" = (1/60)' = (π/648 000) rad
面積	ヘクタール ^(e)	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
体積	リットル ^(f)	L, l	1 L = 1 l = 1 dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³
質量	トン ^(g)	t	1 t = 10 ³ kg

- (a) この単位の記号については, 第 9 回 CGPM (1948; CR 70) の決議 7 に含まれている。
- (b) ISO 31 は平面角の単位, 分及び秒を用いるより, 10 進法による小数点以下の数値を使用して度で表すことを推奨している。しかし航法や測量の分野では, 緯度の 1 分が地球表面で凡そ 1 海里的距離に相当することから, 分を使う利点がある。
- (c) 単位ゴン (gon またはその別名 grad) は (π/200) rad の値をもつ平面角の単位である。したがって, 100 ゴンが直角を表す。極から赤道までの距離がほぼ 10 000 km であるから, 地球の中心から見た 1 センチゴンは地球表面で約 1 km に相当する。これが航法でゴンが使われる理由であるが, ゴンが使われることは稀である。
- (d) 天文学で小さい平面角は, アーク秒 (as または " の記号を使う), ミリアーク秒 (mas), マイクロアーク秒 (μas), ピコアーク秒 (pas) で測られる。アーク秒は平面角「秒」の別名である。
- (e) ヘクタールの名称と記号 ha は 1879 年の国際度量衡委員会 (議事録 1879, 41) で採択された。土地の面積を表すために使用される。
- (f) 単位リットルとその記号の小文字の l (エル) は 1879 年の国際度量衡委員会 (PV, 1879, 41) により採択された。もう一つの記号大文字の L は, 小文字の l と数字の 1 との混同による危険を避けるために, 第 16 回 CGPM (1979, 決議 6, CR 101, 及び *Metrologia*, 1980, 16, 56-57) で採択された。
- (g) 単位トンとその記号 t は 1879 年の国際度量衡委員会で採択された (議事録 1879, 41)。英語圏の国々では, この単位を通常「メートル系トン」と称している。

表 7 は, SI 単位で表されるその数値が実験的に決定され, したがって不確かさが伴う単位を含む. 表 7 にある, 天文単位以外のすべての単位は, 基礎物理定数と関連がある. 初めの三つの非 SI 単位, 電子ボルト (記号 eV), ダルトン又は統一原子質量単位 (記号 Da 又は u), 及び天文単位 (記号 ua) は, SI との併用が CIPM により認められている単位である. 表 7 の単位は多くの特別な分野において, 測定や計算の結果がこれらの単位で表現されることが便利で有用であるために重要な役割を担っている. 電子ボルトとダルトンの値は, 電気素量 e 及びアボガドロ定数 N_A にそれぞれ依存する.

実験の観測や理論計算の結果を表現するのに自然の基礎定数を使うのがとても便利であるような多くの分野があるので, この種の単位は他にも数多くある. 基礎定数にもとづく単位系のうち二つの最も重要なものは, 高エネルギーや素粒子物理で用いられる自然単位系 (natural unit) と原子物理や量子化学で用いられる原子単位系 (atomic unit) である. 自然単位系において力学の基本量は, 速さ, 作用と質量で, それぞれに対して基本単位は, 真空中の光の速さ c_0 , 2π で割られたプランク定数, すなわち記号 \hbar で表される換算プランク定数, そして電子の質量 m_e である. 一般に, これらの単位には特別の名前や記号は与えられず, 単に, 速さの自然単位 (記号 c_0), 作用の自然単位 (記号 \hbar), 及び質量の自然単位 (記号 m_e) と呼ばれる. この単位系では時間は組立量であり, 時間の自然単位は基本単位の組み合わせ $\hbar/(m_e c_0^2)$ で表される組立単位である. 同様に, 原子単位系では, 電荷, 質量, 作用, 長さ, 及びエネルギーの五つの量のうち任意の四つを基本量にとる. 対応する基本単位は, それぞれ, 電気素量 e , 電子質量 m_e , 作用 \hbar , ボーア半径 (ボーア) a_0 , ハートリーエネルギー (ハートリー) E_h である. この単位系でも時間は組立量であり, 時間の原子単位は組立単位で, 単位の組み合わせ \hbar/E_h に等しい. ここで, $a_0 = \alpha/(4\pi R_\infty)$, α は微細構造定数, R_∞ はリュードベリ定数, $E_h = e^2/(4\pi\epsilon_0 a_0) = 2R_\infty \hbar c_0 = \alpha^2 m_e c_0^2$, ϵ_0 は真空の誘電率 (電気定数) であり, ϵ_0 の値は SI では定義値となる.

参考として, これら合計 10 の自然単位と原子単位, そして SI 単位でのこれらの値が表 7 に載せられている. これらの単位が SI とはまったく異なった量の体系を基礎にしているので, CIPM は国際単位系との併用を正式には認めていない. 理解を明確にするためには, 自然単位や原子単位で表現された測定や計算の最終結果を, 対応する SI 単位でも表現すべきである. 自然単位や原子単位は, それぞれ素粒子・原子物理や量子化学などの特定の分野でのみ使用される. それぞれの数値のあとの括弧の中に, 最後の桁の標準不確かさを示す.

表7 SI 単位で表される数値が実験的に求められる非 SI 単位

量	単位の名称	単位の記号	SI 単位による値 ^(a)
SI との併用が認められている単位			
エネルギー	電子ボルト ^(b)	eV	1 eV = 1.602 176 53 (14) × 10 ⁻¹⁹ J
質量	ダルトン ^(c)	Da	1 Da = 1.660 538 86 (28) × 10 ⁻²⁷ kg
	統一原子質量単位	u	1 u = 1 Da
長さ	天文単位 ^(d)	ua	1 ua = 1.495 978 706 91 (6) × 10 ¹¹ m
自然単位系 (n.u.)			
速さ	速さの自然単位 (真空の光の速さ)	c_0	299 792 458 m/s (定義値)
作用	作用の自然単位 (換算プランク定数)	\hbar	1.054 571 68 (18) × 10 ⁻³⁴ J s
質量	質量の自然単位 (電子質量)	m_e	9.109 3826 (16) × 10 ⁻³¹ kg
時間	時間の自然単位	$\hbar/(m_e c_0^2)$	1.288 088 6677 (86) × 10 ⁻²¹ s
原子単位系 (a.u.)			
電荷	電荷の原子単位 (電気素量)	e	1.602 176 53(14) × 10 ⁻¹⁹ C
質量	質量の原子単位 (電子質量)	m_e	9.109 3826 (16) × 10 ⁻³¹ kg
作用	作用の原子単位 (換算プランク定数)	\hbar	1.054 571 68 (18) × 10 ⁻³⁴ J s
長さ	長さの原子単位, ボーア (ボーア半径)	a_0	0.529 177 2108 (18) × 10 ⁻¹⁰ m
エネルギー	エネルギーの原子単位, ハートリー (ハートリーエネルギー)	E_h	4.359 744 17 (75) × 10 ⁻¹⁸ J
時間	時間の原子単位	\hbar/E_h	2.418 884 326 505 (16) × 10 ⁻¹⁷ s

(a) この表のなかの天文単位を除くすべての単位の「SI 単位による値」は、基礎物理定数の 2002 年 CODATA 推奨値(P. J. Mohr, B. N. Taylor: Rev. Mod. Phys., 2005, 77, 1-107) から採られている。各数値の最後の 2 桁の標準不確かさを括弧内に示す。

(b) 電子ボルトの大きさは、真空中において 1V の電位差を通過することにより電子が得る運動エネルギーである。電子ボルトは、しばしば SI 接頭語を付して使われる。

(c) 単位ダルトン (Da) と統一原子質量 (u) は、静止して基底状態にある自由な炭素原子 ¹²C の質量の 1/12 に等しい質量の別名 (記号) である。大きな分子の質量を表す場合あるいは原子分子の小さな質量差を表す場合に、しばしば SI 接頭語と組み合わせ、キロダルトン: kDa, メガダルトン: MDa, あるいはナノダルトン: nDa, ピコダルトン: pDa などの単位と記号が使われる。

(d) 天文単位は、ほぼ地球と太陽の平均距離に等しい。これは無限小の質量をもつ質点が太陽を中心として 1 日に平均 0.017 202 098 95 rad (ガウス定数とよばれる) 進むニュートン円形軌道を描くときの半径に等しい。天文単位の数値は D. D. McCauley, G. Petit eds. IERS Technical Note 32 (2004, 12), E. M. Standish, Report of the IAU, 1995, 180-184 から採られている。

表 8 と表 9 には、様々な理由により特定の分野で使用されている非 SI 単位が含まれる。すでに強調された理由により SI 単位の使用は優先されるべきであるが、これらの非 SI 単位の使用に特別な優位性を認める著者にも、彼らの目的に照らしあわせて最もふさわしいと思う単位を使用する自由はある。ただし、他のすべての単位を SI 単位で表すことが国際的に合意されているのだから、表 8 と表 9 の単位を利用する者は、彼らの使う単位の定義を SI 単位で与えなければならない。

表 8 には、比の対数の単位であるネーパ、ベル、デシベルも含まれる。これらは、他の無次元単位と比べその意味するところが多少異なる無次元単位であり、これらを単位と呼ぶのはおかしいとする科学者もいる。これらは、対象となる比の対数の性質を情報として伝える。ネーパ N_p は、自然対数 $\ln = \log_e$ を使って表される量の数値を表すために使われる。ベル B とデシベル dB ($1 \text{ dB} = (1/10) B$) は、比の対数の値 (常用対数 $\lg = \log_{10}$ を使う) を表すために使われる。これらの単位の解釈の方法については表 8 の脚注(g)と(h)にある。これらの単位の数値はめったに必要とされない。ネーパ、ベル、デシベルは国際単位系との併用が CIPM により認められているが、SI 単位とは考えられていない。

SI 接頭語は表 8 の二つの単位と併用される。バール (ミリバール, mbar) とベル (特にデシベル) である。ベルは接頭語なしではほとんど用いられないので表にはデシベルも示した。

表 8 その他の非 SI 単位

量	単位の名称	単位記号	SI 単位による値
圧力	パール ^(a)	bar	1 bar = 0.1 MPa = 100 kPa = 10 ⁵ Pa
	水銀柱ミリメートル ^(b)	mmHg	1 mmHg ≈ 133.322 Pa
長さ	オングストローム ^(c)	Å	1 Å = 0.1 nm = 100 pm = 10 ⁻¹⁰ m
距離	海里 ^(d)	M	1 M = 1852 m
面積	バーン ^(e)	b	1 b = 100 fm ² = (10 ⁻¹² cm) ² = 10 ⁻²⁸ m ²
速さ	ノット ^(f)	kn	1 kn = (1852/3600) m/s
比の対数	ネーパ ^(g, i)	Np	脚注 (j) 参照
	ベル ^(h, i)	B	脚注 (j) 参照
	デシベル ^(h, i)	dB	脚注 (j) 参照

(a) 単位パールとその記号は第 9 回 CGPM の決議 7 (1948; CR, 70) に示されている。1982 年以降、1 パールは、すべての熱力学量を記載する際の基準圧力とされている。1982 年以前は、基準圧力は標準大気圧である 1.013 25 bar または 101 325 Pa であった。

(b) いくつかの国では水銀柱ミリメートルの単位を血圧を測る際の法定単位としている。

(c) 単位オングストロームは X 線結晶学や構造化学の分野で広く使用されている。すべての化学結合の長さが 1 ないし 3 オングストロームの範囲に入るからである。しかし国際度量衡委員会も国際度量衡総会もこの単位の使用を公式には認めていない。

(d) 海里は、航海及び航空における距離を表すのに使用される特別な単位である。協約値として用いられる値は「国際海里」の名称のもとに、1929 年モナコでの第 1 回水路学臨時大会で採用された。しかしいまだに国際的に承認された記号はなく、M, NM, Nm, nmi などが使用されている。この表では M を使っている。この値は、地球中心からみた角度 1 分に対応する地球表面の距離に相当するので、緯度・経度を度・分の単位で測る際に便利であるという理由で採用され、使われている。

(e) バーンは核物理学で断面積を表す単位として使われている。

(f) ノットは 1 時間に 1 海里進む速さである。国際的に合意された記号はないが、kn がよく使われる。

(g) $L_A = n\text{Np}$ とは、正弦波信号の振幅を A_1, A_2 としたとき $\ln(A_2/A_1) = n$ であることを意味する。したがって、 $L_A = 1\text{Np}$ のとき $A_2/A_1 = e$ である。 L_A はネーパによる振幅比の対数 (neperian logarithmic amplitude ratio) またはネーパによる振幅レベル差 (neperian amplitude level difference) とよばれる。

(h) $L_X = m\text{dB} = (m/10)\text{B}$ とは X を平均 2 乗信号あるいはパワーに対応する量としたとき、 $\lg(X/X_0) = m/10$ であることを意味する。したがって、 $L_X = 1\text{B}$ のとき $X/X_0 = 10$ 、 $L_X = 1\text{dB}$ のとき $X/X_0 = 10^{1/10}$ である。 L_X は X_0 を基準とするパワーレベルとよばれる。

(i) これらの単位を使用するときは、量の内容および基準とする値を特定しなければならない。これらは SI 単位ではないが、国際度量衡委員会により SI と併用することが認められている。

(j) ネーパ、ベル、デシベルの SI 単位による数値、またベル、デシベルとネーパの関係式は通常、必要とされない。これらはどのように対数量を定義するかに依存する。

表 8 と表 9 を区別したのは、表 9 の単位が、古い CGS 電気単位を含む CGS (センチメートル・グラム・秒) 単位系に関係するという理由からである。力学の分野では CGS 単位系は上記三つの量及びそれに対応する基本単位 (センチメートル, グラム, 秒) で構成されていた。CGS の電気単位は、SI で使われるのと異なる形の定義方程式を使い、これら三つの基本単位のみから

導き出される。この方法にはいくつかの流儀があるため、いくつかの異なる単位系が作られた。すなわち、CGS 静電単位系 (CGS-ESU)、CGS 電磁単位系 (CGS-EMU)、及び CGS ガウス単位系 (CGS-Gaussian) である。特に CGS ガウス単位系が物理学のある分野、特に古典的な相対論的電磁気学における優位性についてはすでに認識されていた (第 9 回 CGPM, 1948, 決議 6)。表 9 には、これら CGS 単位と SI との関係、及び固有の名称を与えられた CGS 単位が与えられている。表 9 の単位について、SI 接頭語はこれらのうちのいくつかと併用される (例えば、ミリダイン: mdyne, ミリガウス: mG など)。

表 9 CGS 単位系および CGS ガウス単位系に属する非 SI 単位

量	単位の名称	単位の記号	SI 単位による数値
エネルギー	エルグ ^(a)	erg	1 erg = 10 ⁻⁷ J
力	ダイン ^(a)	dyn	1 dyn = 10 ⁻⁵ N
粘度	ポアズ ^(a)	P	1 P = 1 dyn s cm ⁻² = 0.1 Pa s
動粘度	ストークス	St	1 St = 1 cm ² s ⁻¹ = 10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
輝度	スチルブ ^(a)	sb	1 sb = 1 cd cm ⁻² = 10 ⁴ cd m ⁻²
照度	フォト	ph	1 ph = 1 cd sr cm ⁻² = 10 ⁴ lx
加速度	ガル ^(b)	Gal	1 Gal = 1 cm s ⁻² = 10 ⁻² m s ⁻²
磁束	マクスウエル ^(c)	Mx	1 Mx = 1 G cm ² = 10 ⁻⁸ Wb
磁束密度	ガウス ^(c)	G	1 G = 1 Mx cm ⁻² = 10 ⁻⁴ T
磁界の強さ	エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ³ /4π) A m ⁻¹

(a) この単位および記号は第 9 回 CGPM の決議 7 (1948; 報告 70) に示されている。

(b) ガルは測地学及び地球物理学で重力加速度を表すための加速度の特別な単位である。

(c) これらの単位は有理化されていない関係式に基礎を置きたいいわゆる 3 元 CGS 電磁単位系の一部である。したがって、四元四量の有理化された電磁気学の方程式に基礎をおいた SI 単位に対応させるときは注意する必要がある。磁束 Φ および磁束密度 B は CGS と SI で同様な式で定義されるので、表のように対応する SI の数値を示すことができる。しかし、磁場の場合は $H(\text{非有理化}) = 4\pi \times H(\text{有理化})$ であるので、 $H(\text{非有理化}) = 1 \text{ Oe}$ は $H(\text{有理化}) = (10^3/4\pi) \text{ A m}^{-1}$ に対応するという意味で表中に記号 ≐ が使われている。

4.2 使うことが推奨されないその他の非 SI 単位

数が多すぎてここには列挙できないが、さらに多くの非 SI 単位があり、歴史的に重要であったり、特別な分野(石油のバレル)や特定の国(インチ、フット、ヤード)においてのみいまだに使用されている。CIPM は、これらの単位が現代的な科学や技術の仕事において使われ続けることはありえないことと捉えている。しかしこれらの単位と対応する SI 単位との関係をいつでも呼び起こせることは明らかに重要であり、この状況は今後もしばらく続くであろう。そこで CIPM は、そのような単位についての換算係数の表を編集し、下記の website に公開することを決めた。

www.bipm.org/en/si_brochure/chapter4/conversion_factors.html

5. 単位の記号と名称の表記法，及び量の値の表現方法

単位の記号と数値の表記に関する一般原則は，まず第 9 回 CGPM (1948 年，決議 7) で提案された．これらはその後 ISO や IEC など他の国際機関でも採用され，文書化の作業が進められた．その結果，現在では接頭語の記号や名称を含む単位の記号や名称の他に，量の記号や量の値をどのように記述するのかについても一般的な合意が形成されている．これらの規則や様式のなかでも最も重要な事項をこの章にまとめた．この規則を守れば，科学や技術に関する文書は，はるかに読みやすいものとなるであろう．

5.1 単位記号

単位記号には，その周囲の文書の様式とは関係なく，ローマン体（立体）を用いる．原則として単位記号は小文字で表し，その名称が人名に由来する場合は記号の最初の一文字は大文字で表す．

例外として，第 16 回 CGPM (1979，決議 6) で採択されたように，リットルについてはその単位記号として大文字の L と小文字の l の何れを用いてもよいこととなった．これは数字の 1 と小文字の l (エル) の混同をさけるためである．

10 進の倍量及び分量を表す接頭語を用いる場合，それは単位の一部であり，単位記号の前に置く．空白 (space) などで単位記号と分割してはならない．接頭語は決して単独で用いてはならない．また，合成接頭語をつくってはならない．

単位記号は数式の一部となる要素であり省略記号ではない．したがって，単位記号が文章の最後に現れる場合を除いて，通常の省略用語に付ける省略符としての記号（ピリオド）を単位記号に付けてはならない．また，単位記号に複数形 (plural) を用いてはならない（単位の名称には複数形を用いてもよい）．単位の名称は数式の一部ではないので，単位記号と単位の名称とを一つの表現のなかで混ぜて使用してはならない．

単位記号の積や商に関しては，通常の代数で用いられる演算方法と同じ規則が適用される．積は空白 (space) 又は中点 (half-high dot) で表し，接頭語が単位記号と間違えられないようにする．商は水平の線，斜線，又は負の指数で表される．多くの単位記号が混在するときは，例えば括弧や負の指数を用いて，曖昧さを排除しなければならない．曖昧さを排除するための括弧が無い場合，一つの表現のなかで斜線を複数回用いてはならない．

単位記号や単位の名称に省略形を用いることは許されない．例えば，sec (s 又は秒の代用)，sq mm (mm² 又は平方ミリメートルの代用)，cc (cm³

m：メートル (metre)
s：秒 (second)
Pa：パスカル (pascal)
Ω：オーム (ohm)

L 又は l：リットル (litre)

例：nm (ナノメートル)
不適例：mμm (ミリマイクロメートル)

例：75 cm long
不適例：75 cm. long

例：l = 75 cm
不適例：l = 75 cms

例：クーロン毎キログラム
(coulomb per kilogram)
不適例：クーロン毎 kg
(coulomb per kg)

例：N m 又は N · m

例：m/s, $\frac{m}{s}$, m s⁻¹

例：ms の名称はミリ秒 (millisecond)，m s の名称はメートル秒 (metre second 又は metre-second) である．

例：m kg/(s³ A) 又は m kg s⁻³ A⁻¹
不適例：m kg/s³/A 及び m kg/s³ A

又は立方センチメートルの代用)，mps (m/s 又はメートル毎秒の代用) などの使用は認められていない。本章よりも以前の章で既に述べたように，SI 単位あるいは単位全般に関して言えることであるが，正しい単位記号を用いるということは必須 (mandatory) である。これにより，量の値についての曖昧さや誤解を排除することができる。

5.2 単位の名称

単位の名称はローマン体 (立体) で書き表されるのが普通であり，通常の名詞である。英語では，単位記号の最初の文字が大文字の場合でも，文章の最初や大文字で表される表題で用いられる場合などを除き，単位の名称のつづりには全て小文字を用いる。ただし，セルシウス度 (°C) だけは例外であり，その名称のつづりは degree Celsius である (単位 degree は小文字の d から始まり，その修飾詞である Celsius は人名に由来するので大文字の C から始まる)。

量の値は数字と単位記号を用いて表されるのが普通であるが，単位記号を用いるよりも単位の名称を用いた方がよい場合には，単位の名称の英文つづりは省略せずに全て書く。

単位の名称と接頭語の名称とを組み合わせる場合には，接頭語の名称と単位の名称との間に空白 (space) やハイフン (-) を挿入してはいけない。接頭語の名称と単位の名称とを組み合わせると一つの単語とする (第 3 章，3.1 節参照)。

しかし，英文と仏文において，組立単位の名称が個々の単位の名称の積で表される場合，それぞれの単位の名称の間に空白又はハイフンを挿入する。

英文と仏文において，平方 (squared) や立方 (cubed) などの修飾詞は単位の名称のべき乗を表し，単位の名称の後に置く。しかし，面積と体積を表すために，それぞれ square と cubic を用いる場合には，これらの修飾詞は単位の名称の前に置く (この原則は英語の場合に限られる) *。

5.3 量の値の表現方法に関する規則と様式

5.3.1 量の値と数値，及び量の四則演算

量の値 (the value of a quantity) は数字 (number) と単位 (unit) の積として表され，単位に掛かる数字は，その単位で表された量の数値 (numerical value) を表す。量の数値はどの単位を選ぶかで決まる。したがって，ある特定の量を考えた場合，その値 (value) は単位の選択に依存しないが，その数値は単位に依存して変化する。

量記号は一般にイタリック体 (斜体) の単独の活字で表されるが，下付き

単位の名称	記号
ジュール (joule)	J
ヘルツ (hertz)	Hz
メートル (metre)	m
秒 (second)	s
アンペア (ampere)	A
ワット (watt)	W

例：2.6 m/s 又は 2.6 メートル毎秒 (2.6 metres per second)

例：ミリグラム (milligram)
又はキロパスカル
(kilopascal)

不適例：milli-gram 又は
kilo-pascal

例：パスカル秒 (pascal second)
又は pascal-second)

例：
メートル毎秒毎秒
(metre per second squared)
平方センチメートル
(square centimetre)
立方ミリメートル
(cubic millimetre)
アンペア毎平方メートル
(ampere per square metre)
キログラム毎立方メートル
(kilogram per cubic metre)

ある粒子の速さ $v = dx/dt$ という量の値が $v = 25 \text{ m/s} = 90 \text{ km/h}$ と表されたとする。ここで 25 はメートル毎秒という単位で速さという量を表したときの数値であり，90 はキロメートル毎時という単位で速さという量を表したときの数値である。

* 訳注：和文においても同様に，面積と体積を表す単位の名称には，メートルの前に平方又は立方を置いて，それぞれ平方メートル (m^2) と立方メートル (m^3) と表すが，加速度を表す単位 (m/s^2) の名称はメートル毎秒毎秒であり，メートル毎平方秒とは表さない (JIS Z 8203 による)。

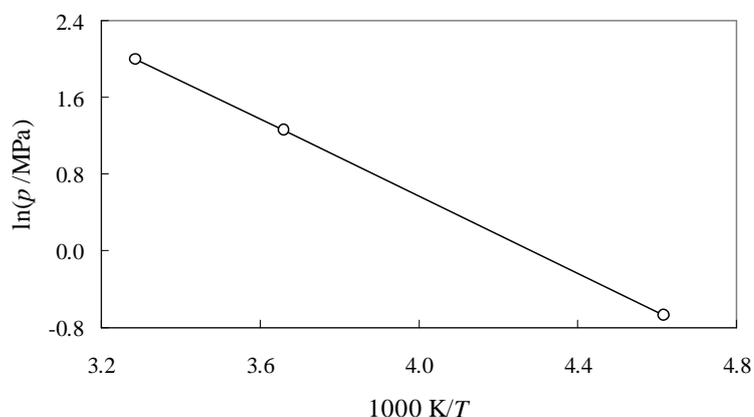
又は上付きの添字，又は括弧内に示す付随情報を伴って表されることもある。例えば， C は熱容量に対して推奨される記号であり， C_m はモル熱容量， $C_{m,p}$ は定圧モル熱容量， $C_{m,v}$ は定積モル熱容量を表す。

様々な量に対して推奨される名称と記号は例えば，ISO Standard 31 *Quantities and Units*，IUPAP SUNAMCO Red Book *Symbols, Units and Nomenclature in Physics*，及び IUPAC Green Book *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry* などの規格や参考書に記載されている。これらの量記号の使用が推奨される（単位記号についてはその正しい使用は必須である）。例えば，異なる量に対して同一の記号を用いるとかえって混乱するような場合は，独自に選んだ別の記号を用いてもよいが，このような場合，新たに選んだ記号の意味を明確に定義する必要がある。しかし，量の名称もその記号も，特定の単位を指定するものではない。

単位記号は数式の一部である。数値と単位との積として量の値を表現する場合，数値と単位は共に通常の代数演算の規則に従う。この記述方法のことを量の四則演算（quantity calculus）又は量の代数演算（algebra of quantities）と呼ぶ。例えば， $T = 293 \text{ K}$ という式は $T/\text{K} = 293$ と書ける。表中の見出し欄（先頭行）をこのように量と単位との比で表せば，表の内容を単位のない数値だけで表すことができるので便利である。例えば，温度 T に対する蒸気圧 p ，及び温度 T の逆数に対する蒸気圧 p の自然対数の表を作成する場合，下表の書式を用いることができる。

T/K	$10^3 \text{ K}/T$	p/MPa	$\ln(p/\text{MPa})$
216.55	4.6179	0.5180	-0.6578
273.15	3.6610	3.4853	1.2486
304.19	3.2874	7.3815	1.9990

同様に図の軸については，その値が単位を伴わない単なる数となるように，それぞれの軸を下図のように命名すると便利である。



これらの例において， 10^3 K/T の代わりに代数として等価な kK/T 又は 10^3 (T/K)⁻¹ を用いてもよい。

5.3.2 量記号と単位記号

量記号が特定の単位を選ぶものではないのと同様に，量が何であるかを示すのに単位記号を用いてはならない。単位記号を量についての情報源として用いてはならない。量の性質についての付随情報を単位に与えてはならない。量の性質についての付随情報は量記号に与えるものとし，単位記号に与えてはならない。

例えば最大電位差を $U_{\max} = 1000$ V と表現してもよいが， $U = 1000$ V_{max} は不可。

例えば珪素の試料に含まれる銅の質量分率を $w(\text{Cu}) = 1.3 \times 10^{-6}$ と表現してもよいが 1.3×10^{-6} w/w は不可。

5.3.3 量の値の書式

数値は常に単位の前に置き，数値と単位を分割するために空白 (space) を用いる。このように量の値は数字と単位の積として表され，空白は乗算記号を表す (二つの単位の間には挿入される空白がそれらの積を表すのと同じである)。この原則における唯一の例外は，平面角を表す単位である度 (degree)，分 (minute)，及び秒 (second) であり，それぞれの単位記号である°，'，及び" に対しては，数値と単位記号との間に空白を挿入しない。

例： $m = 12.3$ g
ここで， m は質量という量を表す量記号である。

例： $\varphi = 30^\circ 22' 8''$
ここで， φ は平面角という量を表す量記号である。

この原則は，セルシウス度 (degree Celsius) についても適用され，セルシウス温度 t の値を表現するときには，その単位記号である°C の前に空白を挿入する。

例： $t = 30.2$ °C
不適例： $t = 30.2^\circ$ C
不適例： $t = 30.2^\circ$ C

量の値が形容詞として用いられる場合でも，数値と単位記号との間に空白を挿入する。単位の名称を用いる場合にのみ，ハイフンは数と単位とを分割するという英語の文法における原則が適用される。

例：10 kΩ resistor
例：35-millimetre film

一つの表現において，単位は一回だけしか用いてはならない。この原則における例外は，非 SI 単位を用いて時間と平面角を表す場合である。しかし，平面角を表す場合，度 (degree) は 10 進法でも表現できるので，航海学，航空術，地図学，天文学，及び微小角度の測定などの分野を除いては， $22^\circ 12'$ ではなく 22.20° と表現してもよい。

例： $l = 10.234$ m
不適例： $l = 10$ m 23.4 cm

5.3.4 数字の書式，及び小数点

数字を整数部分と少数部分とに分ける記号のことを小数点 (decimal marker) と呼ぶ。第 22 回 CGPM (2003，決議 10) において，小数点は点「.」又はカンマ「,」の何れかで表すことと決められた。どちらを選ぶかは関連する文章やその言語の習慣によるものとする。

数字の値が +1 と -1 との間にある場合，小数点の前には常に 0 (ゼロ) を置くものとする。

例： -0.234 ，
不適例： $-.234$

第 9 回 CGPM (1948，決議 7) 及び第 22 回 CGPM (2003，決議 10) において，桁の多い数を表す場合には，読みやすくするために，半角の空白 (thin space) を用いて 3 桁毎のグループに分けてもよいことになった。3 桁毎のグ

例： $43\,279.168\,29$ ，
不適例： $43.279.168.29$

例： 3279.1683 又は $3\,279.168\,3$

ループの間に点「.」やカンマ「,」を挿入してはならない。小数点の前後にある 4 桁の数字を表す場合には，1 桁だけ分けるための空白を挿入しないのが普通である。実際に数をどのようにグループ化して表現するのは選択の問題であり，機械製図，財務諸表，及び自動読み込みのための手書き文字などについては必ずしも上記の書式は適用されない。

数字を記述する場合，一つの表 (table) のなかでは同じ書式を用いなければならない。

5.3.5 量の値に付随する測定の不確かさに関する表現方法

ある量の推定値に割り当てられる不確かさは計測における不確かさの表現のガイド (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, 1995) にしたがって評価され，表現されなければならない。ある量 x に付随する標準不確かさ (例えば，包含係数 $k = 1$ の推定標準偏差など) は記号 $u(x)$ で表される。下記の例は不確かさを表す便利な方法である。

$$m_n = 1.674\,927\,28\,(29) \times 10^{-27} \text{ kg}$$

ここで， m_n は量記号 (この場合，中性子の質量) であり，括弧内の数は m_n の推定値の合成標準不確かさを推定値の最後の 2 桁で表したときの値である。この場合， $u(m_n) = 0.000\,000\,29 \times 10^{-27} \text{ kg}$ である。包含係数 k が 1 と異なる場合には， k の値を明示しなければならない。

5.3.6 量記号，量の値，又は数の乗除

量記号の乗除を表現する場合，下記の何れの方法を用いてもよい。

$$ab, a b, a \cdot b, a \times b, a/b, \frac{a}{b}, a b^{-1}$$

量の値の積を表す場合には，乗算記号 \times 又は括弧を用い，中点「 \cdot 」を用いてはならない。数の積を表す場合には，乗算記号 \times のみを用いなければならない。

斜線を用いて商を表している量をさらに除す場合には，曖昧さを避けるため括弧をもちいる。

例: $F = ma$ は質量と加速度の積である力を表す。

例: $(53 \text{ m/s}) \times 10.2 \text{ s}$ 又は $(53 \text{ m/s})(10.2 \text{ s})$

例: 25×60.5

不適例: $25 \cdot 60.5$

例: $(20 \text{ m})/(5 \text{ s}) = 4 \text{ m/s}$

例: $(a/b)/c$

不適例: $a/b/c$

5.3.7 無次元量の値，又は次元 1 の量の記述方法

2.2.3 項で既に述べたように，無次元量又は次元 1 の量と呼ばれる量に対する一貫性のある SI 単位は，記号 1 で表される数字の 1 である。そのような量は単に数字のみで表される。単位記号の 1 とその名称である数字の 1 (one) は，明示されないし，またそれらに対して特別な記号や名称はあたえられていない。ただし，つぎのようないくつかの例外がある。平面角という量に対しては，その単位の名称である数字の 1 には記号 rad で表される特別な名称ラジアン (radian) が，立体角という量に対しては，その単位の名称である数字の 1 には記号 sr で表される特別な名称ステラジアン (steradian)

が与えられる．対数を表す量に対しては，記号 Np で表される特別な名称ネーパ (neper)，記号 B で表されるベル (bel)，及び記号 dB で表されるデシベル (decibel) が与えられる (p. 127, 4.1 節及び表 8 参照)．

SI 接頭語を単位記号の 1 あるいは単位の名称である数字の 1 に付けることはできないので，非常に大きな又は小さな無次元量を表す場合には，10 のべき乗を用いて表す．

数学的記述において，国際的に認められている記号である% (パーセント) は数字の 0.01 を表す．したがって，% は無次元量を表すのに用いられる．数字と記号%の間には空白を挿入する．したがって，無次元量の値を表す場合には，名称であるパーセント (percent) ではなく記号である%を用いなければならない．

文章において%という記号は百分率の意味でよく用いられる．しかしながら，単位として質量パーセント (percentage by mass)，体積パーセント (percentage by volume)，又は物質質量パーセント (percentage by amount of substance) という慣用語を用いてはならない．量に関する付随情報は量の名称とその記号に与えなければならないからである．

無次元の分率 (例えば，質量分率，体積分率，相対不確かさなど) の値を表す場合には，二つの同じ種類の単位の比を用いると便利である．

相対値の 10^{-6} や 10^6 分の 1，又は百万分の一を表す用語である ppm も，百分率を表すパーセントと同じような意味でしばしば用いられる．10 億分率 (parts per billion) や 1 兆分率 (parts per trillion)，及びそれらの省略形である ppb や ppt などの用語もしばしば用いられるが，それらの意味は言語に依存する．したがって，ppb や ppt などの使用はできるだけ避けるべきである．英語圏において，billion は 10^9 を，trillion は 10^{12} を表すのが一般的であるが，billion は 10^{12} ，trillion は 10^{18} として解釈されることもある．さらに ppt は 1000 分の一をあらわすこともあるので，一層の混乱をまねくことがある．

一般に，% や ppm などの用語を用いる場合には，値を記述しようとする無次元量が何なのかを明確にすることが必要である．

例： $x_B = 0.0025 = 0.25\%$
ここで， x_B は要素粒子 B の物質分率 (モル分率) の量記号である．

例：鏡は入射光の 95 % を反射する．

例： $\varphi = 3.6\%$
ここで φ は体積分率を表す．
不適例： $\varphi = 3.6\% (V/V)$

例： $x_B = 2.5 \times 10^{-3}$
 $= 2.5 \text{ mmol/mol}$

例： $u_i(U) = 0.3 \mu\text{V/V}$
ここで $u_i(U)$ は測定された電位差 U の相対標準不確かさを表す．

付録 1. 国際度量衡総会 (CGPM) 及び 国際度量衡委員会 (CIPM) の諸決定

この付録は、SI 単位の決定、国際単位系 (SI) の一部として用法が定義されている接頭語、及び単位記号とその数値の書き方のための取決めに関して、直接に関係をもつ国際度量衡総会及び国際度量衡委員会の諸決定を記載する。これは上記の総会及び委員会の諸決定の完全な記録ではない。完全な記録に関しては、国際度量衡総会報告 (*Comptes Rendus des Seances de la Conference Generale des Poids et Mesures* : CR) 及び国際度量衡委員会議事録 (*Proces-Verbaux des Seances du Comite International des Poids et Mesures*: PV) の既刊の各号を、また最近の決定に関しては、*Metrologia* をも参照すべきである。

SI は不変的な取決めではなくて、計量学における発達に伴って展開しているので、ある決定は取り消されたり、変更されているし、他のものは追記によって明確化されている。そのような変更されている決定はアスタリスク (*) によって確認され、注記に示された修正に対する公式の決定内容に受け継がれている。

各決定の原文は、それを主文と区別するために、主文とは異なるフォントで示されている (訳注：日本語版文書ではこの体裁になっていない)。アスタリスクと注記は文書をより理解しやすくするために、国際度量衡局 (BIPM) によって付け加えられた。これらの印と注記は本来の決定事項の部分を構成するものではない。

1889 年から 2005 年までの CGPM と CIPM の決定はこの付録に年代順に記載されている。しかし、特定の話題に関連する決定の場所が容易に見つかるよう、各対象に関連する索引項目を付けた目次が設けられており、それぞれの事項が決定された会議の記述がある。

付録 1 の目次

	ページ
SI 設立に関する決定	
第 9 回 CGPM, 1948 年:	
SI 設立の決定	57
第 10 回 CGPM, 1954 年:	
最初の六つの基本単位の決定	59
CIPM, 1956 年:	
名称 “Système International d’Unités” の決定	60
第 11 回 CGPM:	
略称 “SI” の決定	61
接頭語, テラからピコまでの決定	61
補助単位, ラジアン, ステラジアンの設定	61
組立単位の追加	61
CIPM, 1969 年:	
基本単位に関する補助単位	68
接頭語の使用法に関する決定	68
CIPM, 2001 年:	
SI 単位	81
SI 基本単位に関する決定事項	
長さ	
第 1 回 CGPM, 1889 年:	
メートル原器の承認	54
第 7 回 CGPM, 1927 年:	
メートル原器の定義	55
第 11 回 CGPM, 1960 年:	
クリプトン 86 からの放射波長によるメートルの再定義	61
第 15 回 CGPM:	
光速度の推奨	70
第 17 回 CGPM:	
光速度によるメートルの再定義	74
メートル定義の実現	75
CIPM, 2002 年:	
メートル定義の現示の指定	81
CIPM, 2003 年:	
推奨放射リストの改訂	84

CIPM, 2006 年:		
推奨放射リストの改訂		86
質量		
第 1 回 CGPM, 1889 年:		
キログラム原器の承認		54
第 3 回 CGPM, 1901 年:		
質量と重量の区別と標準重力加速度 g_n の宣言		55
CIPM, 1967 年:		
グラムに対する補助接頭語に関する宣言		65
第 21 回 CGPM, 1999 年:		
将来のキログラム再定義に関して		79
時間		
CIPM, 1956 年:		
1900 年における回帰年分の 1 と秒を定義		60
第 11 回 CGPM, 1960 年:		
1956 年の CIPM の秒の定義の承認		61
CIPM, 1964 年:		
セシウム 133 原子の超微細遷移を推奨される標準として宣言		63
第 12 回 CGPM, 1964 年:		
CIPM に対する原子並びに分子周波数標準の研究 を行う権限付与		64
第 13 回 CGPM, 1967/68 年:		
セシウム原子の遷移周波数による秒の定義		65
CCDS, 1970 年:		
国際原子時 (TAI) の定義		68
第 14 回 CGPM, 1971 年:		
CIPM に対する国際原子時 (TAI) の定義付けと確立要請		69
第 15 回 CGPM, 1975 年:		
協定世界時 (UTC) 使用の奨励		70
電気単位		
CIPM, 1946:		
SI における力学単位及び電気単位の定義		56
第 14 回 CGPM, 1971 年:		
コンダクタンスのために名称ジーメンズ, 記号 S を採択		69
第 18 回 CGPM, 1987 年:		
ボルトとオームの現示に対する今後の調整		75

CIPM, 1988 年:	
ジョセフソン効果	76
CIPM, 1988 年:	
量子ホール効果	77
CIPM, 2000 年:	
フォン・クリッツィング定数の値を用いたオームの現示	80

熱力学温度

第 9 回 CGPM, 1942 年:	
熱力学温度の参照点として水の三重点を採択	57
セルシウス温度の零点（氷点）として	
水の三重点下 0.01 度を採択	57
CIPM, 1948 年:	
セルシウス度の名称を採択	57
第 10 回 CGPM, 1954 年:	
水の三重点を厳密に 273.16 K とする熱力学温度の定義	59
標準大気圧の定義	59
第 13 回 CGPM, 1967-68 年:	
熱力学温度の単位の定義，名称 ケルビン，記号 K	66
CIPM, 1989 年:	
1990 年国際温度目盛，ITS-90	78
CIPM, 2005 年:	
ケルビンの定義に水の同位体組成に関する追記	85

物理量

第 14 回 CGPM, 1971 年:	
7 番目の基本単位モルの定義，モルの記号，	
使用法の規則について	70
第 21 回 CGPM, 1999 年:	
katal，kat の採用	80

光度

CIPM, 1946 年:	
測光量の単位の定義，新カンデラと新ルーメンの定義	55
第 13 回 CGPM, 1967/68 年:	
黒体に基づいたカンデラの定義，記号 cd	67
第 16 回 CGPM, 1979 年:	
単色放射に基づいたカンデラの再定義	71

SI 組立単位と補助単位**SI 組立単位****第 12 回 CGPM, 1964 年:**

非 SI 単位キュリーの連続使用に対する容認 65

第 13 回 CGPM, 1967/68 年:

組立単位の例に関して 67

第 15 回 CGPM, 1975 年:

ベクレル Bq とグレイ Gy の採用 71

第 16 回 CGPM, 1979 年:

シーベルト Sv の採用 72

CIPM, 1984 年:

吸収線量グレイと線量当量シーベルトとの関係の明確な決定 75

CIPM, 2002 年:

吸収線量と線量当量との関係を修正 83

補助単位**CIPM, 1980 年:**

無次元組立単位としての補助単位の解釈の決定 73

第 20 回 CGPM, 1995 年:

補助単位の階級の廃止と

CIPM による無次元組立単位の解釈の決定 79

重要な専門用語集の決定と SI 単位における接頭語使用法の受理**SI 接頭語****第 12 回 CGPM, 1964 年:**

接頭語フェムトとアトの追加決定 65

第 15 回 CGPM, 1975 年:

接頭語ペタとエクサの追加決定 71

第 19 回 CGPM, 1991 年:

接頭語ゼタ, ゼプト, ヨタ, ヨプトの追加決定 78

単位記号と数に関して**第 9 回 CGPM, 1948 年:**

単位記号と数値の表わし方 58

第 13 回 CGPM, 1967/68 年:

マイクロンの廃止と SI 単位としての新キャンドル使用の許可 68

10 進表記に関して**第 22 回 CGPM, 2003 年:**

10 進表記におけるコンマ, ピリオド使用の許可 84

SI 単位と共に使用を許可された単位: リットルなど**第 3 回 CGPM, 1901 年:**

1 キログラムの水の体積というリットルの定義 54

第 11 回 CGPM, 1960 年:

リットルと立方デシメートルの違いに関する報告 63

CIPM, 1961 年:

体積はリットルでなく SI 単位を使用して表記するよう推奨 63

第 12 回 CGPM, 1964 年:

リットルについて,
立方デシメートルの呼称を使用する前定義の廃止 64

第 16 回 CGPM, 1979 年:

リットルの記号に関して,
l と L の両方を認める例外的な許可 72

第 1 回 CGPM, 1889 年

メートルとキログラムの国際原器の承認 (CR, 34-38) *

国際度量衡総会は、

- ・ 「国際度量衡委員会委員長報告」と「国際度量衡委員会報告書」の両報告から、国際メートル委員会フランス部会と国際度量衡委員会との共同の取扱いにより、メートルとキログラムの国際原器並びに国家原器の計量学的な基本測定が、保証と精度に関して現在の科学が必要とするあらゆる条件の下で行われたと結論できること、
- ・ メートルとキログラムの国際原器並びに国家原器が、 (10 ± 0.01) パーセントのイリジウムを混ぜた白金合金で作られていること、
- ・ 国際メートル原器の長さ及び国際キログラム原器の質量と、フランス国立公文書館に置かれているメートル原器の長さ及びキログラム原器の質量がそれぞれ同一とみなせる程度に一致していること、
- ・ 国家メートル原器の国際メートル原器に対する器差が、0.01 ミリメートルの範囲に収まっていること、及びそれらの器差が、水素の物性の不変性のゆえに、同一条件の下に置かれればいつでも再現することが可能である水素気体温度計による温度目盛を根拠としていること、
- ・ 国家キログラム原器の国際キログラム原器に対する器差が、1 ミリグラムの範囲に収まっていること、
- ・ 国際メートル原器と国際キログラム原器並びに国家メートル原器と国家キログラム原器が、メートル条約によって要求された条件を満たしていること、

を考慮し、

A. 国際原器に関して：

1. 国際度量衡委員会によって選定されたメートル原器．今後この原器は氷の融解温度においてメートル系における長さの単位を表すこと．
2. 国際度量衡委員会によって採用されたキログラム原器．今後この原器は質量の単位と見なされること．
3. 各メートル原器の器差が設定された際に参照した水素気体温度計による百分割温度目盛．

B. 国家原器に関して：

…略…

を承認する．

第 3 回 CGPM, 1901 年

リットルの定義についての声明 (CR, 38-39) **

…略…

国際度量衡総会は、

* このメートルの定義は 1960年の第11回CGPMで廃止された(p.62 決議 6 参照)

** 第12回CGPM(1964年、決議6)によって廃棄された定義．

1. 高精度測定のための体積の単位は、最大密度で、標準大気圧の下にある 1 キログラムの純水によって占められる体積であり、その体積を「リットル」と称する。
2. ...略...
ことを声明する。

質量の単位と重量の定義に関する声明; 取り決めによる g_n の値 (CR, 70)
 キログラムが質量の単位として定義された 1887 年 10 月 15 日の国際度量衡委員会の決定に照らし、
 国際度量衡総会によって、1889 年 9 月 26 日の会合において満場一致で採択されたメートル法諸原器承認の文書に含まれている決定に照らし、
 あるときは質量に対して、あるときは力学的な力に対して使われている重量という用語の意味について、日常的な使い方の中にいまだに残っているあいまいさを取り除く必要を考慮し、
国際度量衡総会は

1. キログラムは質量の単位であって、それは国際キログラム原器の質量に等しい、
2. 「重量」という用語は「力」と同じ性質の量を示す。ある物体の重量は、その物体の質量と重力加速度の積であること、特に、ある物体の標準重量は、その物体の質量と標準重力加速度の積である、
3. 標準重力加速度の値に対して国際度量衡供給業務で採用された数値は、既にいくつかの国の法制によって承認されている数値、 980.665 cm/s^2 である、
 ことを声明する。

この g_n の値は、現在は排除されている単位であるキログラム重を計算するために基準として与えられた、取決めによる値である。

第 7 回 CGPM, 1927 年

国際原器によるメートルの定義 (CR, 49) *

長さの単位はメートルであり、国際度量衡局に保管され、第 1 回国際度量衡総会によってメートル原器であると声明された白金イリジウムの棒の上の両端にそれぞれしるされた刻線の中心軸間の、温度 0 における距離によって定義される。この物差は標準大気圧下にあつて、同一水平面上で、互いに 571mm 離れて対称に置かれた、少なくとも直径 1 センチメートルはある 2 個のころによって支持される。

* 1960 年、第 11 回 CGPM により撤廃された定義 (決議 6, p. 61 参照)

CIPM, 1946 年

測光量の単位の定義 (PV, 20, 119-122) **

決議

4. 測光量の単位は次のように定義される：
 ブージ・ヌーベル (光度の単位) — ブージ・ヌーベルの大きさは、白金の凝

** この決議に含まれている二つの定義は、第 9 回国際度量衡総会 (1948 年) によって承認された。また、総会は「ブージ・ヌーベル」に対してカンデラという名称を与えることを承認した (CR, 54)。それに続いて、ルーメンに対する形容詞「ヌーボー」が削除された。この定義は 1967 年に、第 13 回国際度量衡総会によって修正された (決議 5, p. 68 参照)。

固点温度における完全放射体の輝度が 1 平方センチメートル当たり 60 ブー
ジ・ヌーベルになるような量に相当する。

ルーメン・ヌーボー（光束の単位）—ルーメン・ヌーボーは、1 ブー
ジ・ヌーベルの光度をもつ一様な点光源から単位立体角（ステラジアン）に放射さ
れる光束である。

5. ...略...

電気単位の定義（PV, 20, 132-133）

決議 2

...略...

4. (A) 電気単位の定義に用いられる力学単位の定義：

力の単位 — [MKS（メートル，キログラム，秒）における]力の単位は，
1 キログラムの質量に 1 メートル毎秒毎秒の加速度を与える力である。

ジュール（エネルギー又は仕事の単位）— ジュールは，1 MKS 単位の力[ニ
ュートン]の作用点はその力の方向に 1 メートルに等しい距離だけ移動す
るときになされる仕事である。

ワット（仕事率の単位）— ワットは，毎秒 1 ジュールに等しいエネルギー
を生じさせる仕事率である。

(B) 電気単位の定義．国際度量衡委員会（CIPM）は，電気単位の理論
的な大きさを定める次の提案を承認する：

アンペア（電流の単位）— アンペアは，真空中に 1 メートルの間隔で平行
に配置された，無限に小さい円形断面積を有する無限に長い 2 本の直線状
導体のそれぞれを流れ，これらの導体の長さ 1 メートルにつき力の MKS
単位[ニュートン]の 2×10^{-7} 倍の力を及ぼし合う一定の電流である。

ボルト（電位差及び起電力の単位）— ボルトは，1 アンペアの一定電流が
流れている 1 本の導体の 2 点間で消費される電力が 1 ワットに等しいとき，
その 2 点間に存在する電位差である。

オーム（電気抵抗の単位）— オームは，起電力源を含まない 1 個の導体の
2 点間に加えられた 1 ボルトの一定電位差がこの導体中に 1 アンペアの電
流を生じさせるとき，その 2 点間に存在する電気抵抗である。

クーロン（電気量の単位）— クーロンは，1 アンペアの電流によって 1 秒
間に運ばれる電気量である。

ファラド（静電容量の単位）— ファラドは，1 クーロンに等しい電気量を
印加されたとき，電極間に 1 ボルトの電位差が現れるキャパシタの静電容
量である。

ヘンリー（インダクタンスの単位）— ヘンリーは，一つの閉回路を周回す
る電流が 1 アンペア毎秒の割合で一様に変化するとき，内部に 1 ボルトの
起電力が生じる閉回路のインダクタンスである。

ウェーバ（磁束の単位）— ウェーバは，1 回巻きの閉回路を貫く磁束を一

様に減少させていって 1 秒間で消滅させるとき，1 ボルトの起電力をそこに発生させる磁束である．

第 9 回 CGPM, 1948 年

水の三重点；ただ一つの定点による熱力学温度目盛；熱量の単位（ジュール）（CR, 55 及び 63）

決議 3

1. 現段階の技術では，水の三重点の方が氷の融解点よりも正確に測温の参照点を与えることができる．
したがって（測温及び測熱）諮問委員会は，水の三重点の温度より 0.0100 度だけ低い温度によって百分割の熱力学温度目盛の零点を定義すべきと考える．
2. （測温及び測熱）諮問委員会は，ただ一つの基礎的な定点により絶対的な熱力学温度目盛を構築するという指針を承認する．ただし現時点において，この定点は純水の三重点により与えられ，その絶対温度は後日定められるものである．
この新しい温度目盛の導入は，実用目盛として勧告された国際温度目盛の使用になんら影響を与えるものではない．
3. 熱量の単位はジュールである．

備考：熱測定の実験結果は，できるだけジュールで表すことが要請される．実験が水の温度上昇との比較で行われれば（そして，何らかの理由でカロリーという単位の使用が避けられないならば），ジュールへの換算に必要な情報が提供されなければならない．国際度量衡委員会は（測温及び測熱）諮問委員会の助言を受けて，水の比熱についてなされた実験から得られる最も正確な値を，ジュール毎度の単位で表す表を作成すべきである．

上記の要請にこたえて作成された表は，国際度量衡委員会によって 1950 年に承認され，出版された（PV, 22, 92）．

CIPM, 1948 年（PV, 21, 88）及び第 9 回 CGPM, 1948 年（CR, 64）：「セルシウス度」の採択

温度を表すために用いる「度」（degree）を示すために提案されている三つの名称（“degré centigrade”，“degré centésimal”，“degré Celsius”）の中から，国際度量衡委員会は「セルシウス度，“degré Celsius”」を選択した（PV, 21, 88）．この名称用語は第 9 回国際度量衡総会によっても採択された（CR, 64）．

実用単位系の確立（CR, 64）

決議 6

実用計量単位系を確立するための提案国際度量衡総会は、

- ・ 国際物理学連合が、CGS 単位系を廃棄するよう物理学者たちに勧告してはいないものの、MKS 単位系と実用絶対単位系の一つの電気単位を勧告しており、国際度量衡委員会に対して、国際交流のために一つの国際実用単位系を採用するよう要請していること、
- ・ 国際度量衡総会自体が、計量単位の完全な規則を確立するための討議の基礎に供することを目的とした草案を付して、フランス政府から同様な要請を受けていること、

を考慮し、国際度量衡委員会に対して、

- ・ この目的のために、あらゆる国の科学、技術、教育の各界の意見についての公的な調査を（まず、フランス政府からの要請文書を実際に提供することから）始め、その調査を積極的に推進すること、
- ・ その回答を集約すること、
- ・ メートル条約に加盟しているすべての国において採用しやすい実用計量単位系の確立に関する勧告を出すこと、

を委託する。

単位記号と数値の表し方 (CR, 70) *

決議 7

原則

単位記号はローマン字体（直立体文字）で、一般には小文字で表される；ただし、記号が人名に由来するものであれば、大文字のローマン字体が用いられる。これらの記号には終止符号（ピリオド）を付けない。

数値の表示において、カンマ（フランス式）又はピリオド（イギリス式）は、数値の整数部分と少数部分とを分けるためにのみ用いられる。読み取りやすくするために、数は適当に小さな間隙によって 3 桁ずつに区切ってよい；ただし、その区切りは決してピリオドによってもカンマによっても分けてはならない。

* CGPM は単位と用語に関するいくつかの決定を廃止した。特に、ミクロン、絶対度、及び用語 “degree” “deg”，第 13 回 CGPM (1967-1968 年、この決議 7 とこの文書の p.68 決議 3 参照)、並びにリットル、第 16 回 CGPM (1979 年、決議 6、この文書の p.73 参照) に関係している。

単位	記号	単位	記号
・メートル	m	アンペア	A
・平方メートル	m ²	ボルト	V
・立方メートル	m ³	ワット	W
・ミクロン	μ	オーム	
・リットル	l	クーロン	C
・グラム	g	ファラッド	F
・トン	t	ヘンリー	H
秒	s	ヘルツ	Hz
エルグ	erg	ポアズ	P
ダイン	dyn	ニュートン	N
セルシウス度	°C	・カンデラ	

・絶対度	°K	(プージ・ヌーベル)	cd
カロリー	cal	ルクス	lx
バール	bar	ルーメン	lm
時	h	ストルブ	sb

備考

1. 前に符号「・」が付いている単位の記号は、国際度量衡委員会によって、既に過去において採用されていたものである。
2. 燃料用木材の計量に用いられる体積の単位 stere (ステール) の記号は、国際度量衡委員会によって以前から指定されていた「s」ではなく「st」とする。
3. 温度ではなく、温度間隔又は温度差を示すためには、用語のつづり字全部「degree」又は省略形「deg」が用いられなければならない。

第 10 回 CGPM, 1954 年

熱力学温度目盛の定義 (CR, 79) *

決議 3

第 10 回国際度量衡総会は、水の三重点を基礎的な定点として選びそれに厳密に 273.16 ケルビン度という温度を付与することによって熱力学温度目盛を定義することを決定する。

* 1967 年の第 13 回 CGPM はケルビンを明示的に定義した (決議 4, p.66 参照)。

標準大気圧の定義 (CR, 79)

決議 4

第 10 回国際度量衡総会は、第 9 回国際度量衡総会が国際温度目盛を定義する際に標準大気圧の定義を与えたために、この標準大気圧の定義は温度の精密測定の場合に限って適用されるものとする物理学者がいることを認識し、一般的に使用されるものとして次の定義を採択することを声明する。

1 標準大気圧 = 1 013 250 ダイン毎平方センチメートル、
すなわち、101 325 ニュートン毎平方メートル。

実用単位系 (CR, 80) *

決議 6

第 10 回国際度量衡総会は、国際交流のための実用計量単位系の確立に関して、第 9 回総会が決議 6 の中で表明した希望の実現のために、この単位系の基本単位として、

長さ	メートル
質量	キログラム
時間	秒
電流	アンペア

* 単位の名称「ケルビン度」は 1967 年に「ケルビン」に変わった (第 13 回 CGPM, 決議 3, p.66 参照)。

熱力学温度 ケルビン度
 光度 カンデラ
 の採用を決定する。

CIPM, 1956 年

時間の単位（秒）の定義（PV, 25, 77）*

決議 1

第 10 回国際度量衡総会がその決議 5 によって与えた権限に基づき、国際度量衡委員会は、

1. 第 9 回国際天文学連会の総会（1955 年，ダブリン）が、秒を太陽年に関係づけることに肯定的な意見を表明したこと，
2. 第 8 回国際天文学連会の総会（1952 年，ローマ）の決定に従って、暦表時（ET）の秒が暦表時の 1900 年 1 月 0 日 12 時に対する

$$\text{太陽年の } \frac{129602768 \text{ B}}{408986496} \times 10^{-9} \text{ 倍であること，}$$

を考慮し、

「秒は、暦表時の 1900 年 1 月 0 日 12 時に対する太陽年の $1/31\,556\,925.974\,7$ 倍である。」

ことを決定する。

国際単位系（PV, 25, 83）

決議 3

国際度量衡委員会は、

- ・ 第 9 回国際度量衡総会が行った、メートル条約に加盟しているすべての国によって採用されやすい実用計量単位系の確立に関する決議 6 により委託された任務、
- ・ 第 9 回国際度量衡総会によって要請された調査に対して回答した 21 か国が送ってきた文書のすべて、
- ・ 確立すべき単位系の基本単位を選定している第 10 回国際度量衡総会の決議 6、

を考慮し、

1. 第 10 回国際度量衡総会によって採用された基本単位を基にした単位系が「国際単位系」と呼ばれること、すなわち
 [この後に、第 11 回 CGPM（1960 年）の決議 12 の中に提示されている六つの基本単位とその記号の表が続いて示されている]。
2. 次の表に列挙される各単位が、将来追加されるであろう他の単位を排除せずに使用されること、
 [この後に、第 11 回 CGPM（1960 年）の決議 12 第 4 項に提示されている単位の表が続いて示されている]。

* この定義は 1967 年に第 13 回 CGPM によって廃止された（決議 1，p. 65 参照）。

を勧告する。

第 11 回 CGPM, 1960 年

メートルの定義 (CR, 85) *

決議 6

第 11 回国際度量衡総会は、

- ・ 国際原器が、計量学上で今日要求される十分な正確さでメートルを定義していないこと、
 - ・ 他方では、自然界に由来する不滅の標準を採用することが望ましいこと、
- を考慮し、
1. メートルは、クリプトン 86 の原子の準位 $2p_{10}$ と $5d_5$ の間の遷移に対応する放射の、真空中における波長の 1 650 763.73 倍に等しい長さである。
 2. 1889 年以来有効であった白金イリジウム製の国際原器に基づくメートルの定義は廃止される。
 3. 1889 年の第 1 回国際度量衡総会によって承認された国際メートル原器は 1889 年に定められたのと同じ条件の下で、国際度量衡局に保管される。
- ことを決定する。

* この定義は 1983 年に第 17 回 CGPM によって廃止された (決議 1, p. 74 参照)。

時間の単位 (秒) の定義 (CR, 86) *

決議 9

第 11 回国際度量衡総会 (CGPM) は、

- ・ 第 10 回国際度量衡総会によって国際度量衡委員会に与えられた、時間の基本となる単位の定義に関して決定を行う権限、
 - ・ 国際度量衡委員会によって、その 1956 年の会期中に行われた決定、
- を考慮し、
- 次の定義
- 「秒は、暦表時の 1900 年 1 月 0 日 12 時に対する太陽年の $1/31\,556\,925.974\,7$ 倍である。」
- を承認する。

* この定義は 1967 年に第 13 回 CGPM によって廃止された (決議 1, p. 65 参照)。

国際単位系 (CR, 87) *

決議 12

第 11 回国際度量衡総会は、

- ・ 国際交流のために実用計量単位の確立の基礎とするべく、次の六つの単位を採用した第 10 回国際度量衡総会の決議 6、

長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A

* CGPM は、後にこの諸決定の中のあるものを取り消し、接頭語の個数を拡充した。

熱力学温度	ケルビン度	°K
光度	カンデラ	cd

熱力学温度の単位に対する名称と記号は、第 13 回 CGPM (1967 年, 決議 3, p. 66 参照) によって修正された。

- 1956 年に国際度量衡委員会によって採択された決議 3,
- この単位系の略称と単位の 10 進の倍量及び分量を形成するための接頭語に関して, 1958 年に国際度量衡委員会によって採択された勧告, を考慮し,

1. 上記の六つの基本単位に基づく単位系は「国際単位系」という名称で呼ばれること,
2. この単位系の名称の国際的な略称は SI であること,
3. 単位の 10 進の倍量及び分量の名称は, 次の接頭語の名称を用いて形成されること,

七つ目の基本単位であるモルは, 第 14 回 CGPM (1971 年, 決議 3, p. 70 参照) によって採択された。

単位に乘じられる因数	接頭語	記号	単位に乘じられる因数	接頭語	記号
1 000 000 000 000 = 10 ¹²	tera	T	0.1 = 10 ⁻¹	deci	d
1 000 000 000 = 10 ⁹	giga	G	0.01 = 10 ⁻²	centi	c
1 000 000 = 10 ⁶	mega	M	0.001 = 10 ⁻³	milli	m
1 000 = 10 ³	kilo	k	0.000 001 = 10 ⁻⁶	micro	μ
100 = 10 ²	hecto	h	0.000 000 001 = 10 ⁻⁹	nano	n
10 = 10 ¹	deca	da	0.000 000 000 001 = 10 ⁻¹²	pico	p

この表以外の新しい接頭語の導入が, 第 12 回 CGPM (1964 年, 決議 8, p.66 参照), 第 15 回 CGPM (1975 年, 決議 10, p.71 参照) 及び第 19 回 CGPM (1991 年, 決議 4, p. 79 参照) によってそれぞれ採択された。

4. この単位系においては, 将来追加されるであろう他の単位を排除せずに, 下記の単位が使用されること,

補助単位

平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

第 20 回 CGPM (1995 年, 決議 8, p. 79 参照) は SI の中の補助単位の分類を廃止した。これらは現在では, 組立単位とみなされている。

組立単位

面積	平方メートル	m ²	
体積	立方メートル	m ³	
周波数	ヘルツ	Hz	1/s
密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³	
速さ	メートル毎秒	m/s	
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²	
角加速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	
力	ニュートン	N	kg·m/s ²
圧力 (応力)	ニュートン毎平方メートル	N/m ²	
動粘度	平方メートル毎秒	m ² /s	
粘度	ニュートン秒毎平方メートル	N·s/m ²	
仕事, エネルギー, 熱量	ジュール	J	N·m
仕事率	ワット	W	J/s
電気量	クーロン	C	A·s
電圧, 電位差, 起電力	ボルト	V	W/A
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	

第 13 回 CGPM (1967 年, 決議 6, p. 67 参照) は, この上記表へ追加されるべきこれ以外の単位を指定した。原則として, 組立単位を示すこの表にはその数に制限はない。

電気抵抗	オーム	Ω	V/A
静電容量	ファラド	F	A·s/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
インダクタンス	ヘンリー	H	V·s/A
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m	
起磁力	アンペア	A	
光束	ルーメン	lm	cd·sr
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²	
照度	ルクス	lx	lm/m ²

以上の事項を決定する。

立方デシメートルとリットル (CR, 88)

決議 13

第 11 回国際度量衡総会は、

- ・ 立方デシメートルとリットルが等しくなく、100 万分の 28 程度の差があること、
- ・ 体積測定を含む物理量の測定がますます高い精度を持ち、それによって立方デシメートルとリットルとの間に起こりうる混同の結果が重大になること、

を考慮し、

国際度量衡委員会に対して、この問題を検討し、その結論を第 12 回国際度量衡総会へ提出することを要請する。

CIPM, 1961 年

立方デシメートルとリットル (PV, 29, 34)

勧告

国際度量衡委員会は、精密な体積測定の結果をリットルによってではなく、国際単位系の単位によって表すことを勧告する。

CIPM, 1964 年

原子と分子による周波数標準 (PV, 32, 26 及び CR, 93)

声明

国際度量衡委員会は、

第 12 回国際度量衡総会の決議 5 によって、時間の物理学的測定のために暫定的に用いるべき原子又は分子に基づく周波数標準器の指定を行う権限を委ねられ、

採用されるべき標準は、外部からの電磁界によって擾乱されないセシウム 133 の原子の基底状態 $^2S_{1/2}$ の超微細準位 $F=4, M=0$ と $F=3, M=0$ の間の遷移に基づくものであること、及びこの遷移の周波数に対し 9 192 631 770

ヘルツという値が付与されることを**声明する**。

第 12 回 CGPM, 1964 年

周波数の原子標準 (CR, 93)

決議 5

第 12 回国際度量衡総会は、

- ・ 第 11 回国際度量衡総会かその決議 10 の中で、高度な計量学の目的のために、時間の間隔についての原子又は分子に基づく標準に到達することの緊急性を認めたこと、
- ・ セシウムを用いた周波数の原子標準の適用に関して既に成果が得られているにもかかわらず、現在行われている諸研究によって、新しい、かつ、重要な発展が得られる可能性があるゆえに、国際単位系の基本単位である秒の新しい定義を国際度量衡総会として採択する時期がまだ到来していないこと、

を考慮し、

時間の物理学的測定を原子又は分子に基づく周波数標準器で行うためには、これ以上待つことができないことを**更に考慮し、**

暫定的に用いるべき原子又は分子に基づく周波数標準器の指定を行う権限を国際度量衡委員会に**委ね、**

秒の新しい定義に役立つ研究の推進を、この分野の専門の諸機関及び諸研究所に**要請する**。

リットル (CR, 93)

決議 6

第 12 回国際度量衡総会は、第 11 回国際度量衡総会によって 1960 年に採択された決議 13 と、国際度量衡委員会によって 1961 年に採択された勧告を**考慮し、**

1. 第 3 回国際度量衡総会によって 1901 年に与えられたリットルの定義を**廃止し、**
2. 「リットル」という用語は、立方デシメートルに対する固有の名称として使用され得ることを**声明し、**
3. リットルという名称は、高精度の体積測定の結果を表すためには使用されないよう**勧告する**。

キュリー (CR, 94) *

決議 7

第 12 回国際度量衡総会は、

キュリーが、長期にわたって、多くの国において放射性核種の放射能の単位として使用されていることを**考慮し、**

* 「ベクレル」(Bq) という名称が、放射能の SI 単位として、第 15 回 CGPM (1975 年、決議 8) によって採択された：
1 Ci = 3.7×10^{10} Bq .

国際単位系 (SI) においては、この放射能の単位が、秒のマイナス 1 乗 (s^{-1}) であることを認め、
キュリーが、SI に属さない放射能の単位として、 $3.7 \times 10^{10} s^{-1}$ という値で、
今後とも用いられることを承認する。この単位の記号は Ci とする。

SI 接頭語フェムトとアト (CR, 94) *

決議 8

第 12 回国際度量衡総会は、
第 11 回国際度量衡総会の決議 12 第 3 項によって採択された、単位の 10 進の倍量及び分量の名称を形成するための接頭語の表に次の二つの新しい接頭語を付け加えることを決定する。

* 新しい接頭語が第 15 回 CGPM (1975 年、決議 10) によって付け加えられた (決議 10, p. 71 参照)。

単位に乘じられる因数	接頭語	記号
10^{-15}	フェムト	f
10^{-18}	アト	a

CIPM, 1967 年

質量の単位の 10 進の倍量及び分量 (PV, 35, 29 及び *Metrologia*, 1968, 4, 45)

勧告 2

国際度量衡委員会は、
第 11 回国際度量衡総会 (1960 年) の決議 12 第 3 項の単位の 10 進の倍量及び分量の名称を形成する規則が、質量の単位への適用において様々な表現を招く可能性 (訳注: たとえば、mg と表現するべきところを誤って μkg と表現する可能性) のあることを考慮し、第 11 回国際度量衡総会の決議 12 の規定は、キログラムの場合においては次の方法によること、すなわち 10 進の倍量及び分量を使って質量を表す場合には「グラム」という語に接頭語を付けて表すことを声明する。

第 13 回 CGPM, 1967/68 年

時間の SI 単位 (秒) (CR, 103 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43)

決議 1

第 13 回国際度量衡総会は、

- ・ 国際度量衡委員会によって、その 1956 年の会期中に採択され (決議 1)、第 11 回国際度量衡総会 (1960 年) の決議 9 によって承認され、次いで第 12 回総会 (1964 年) の決議 5 によって支持された秒の定義が、計量学上の現実の要求に対しては十分でないこと、
- ・ 第 12 回総会 (1964 年) の決議 5 によって権限が与えられた国際度量衡委員会が、その 1964 年の会期中にこの要求にこたえるため、セシウムによ

- る周波数の原子標準を暫定的に用いるべく指示したこと，
- この周波数標準が，現実の要求にこたえる秒の定義に役立つために，現時点で十分な実績と精度をもっていること，
 - 国際単位系の時間の単位に関する現行の定義を，この標準の原子に基づく定義に置き換えるべき時期が到来していること，
- を考慮し，

- 国際単位系の時間の単位は，次の文，
「秒は，セシウム 133 の原子の基底状態の二つの超微細準位間の遷移に対応する放射の周期の 9 192 631 770 倍の継続時間である」
によって定義される秒であること，
 - 国際度量衡委員会による，その 1956 年の会期中に採択された決議 1，及び第 11 回国際度量衡総会による決議 9 は廃止すること，
- を決定する．

熱力学温度の SI 単位 (ケルビン) (CR, 104 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43) *

決議 3

第 13 回国際度量衡総会は，

- 第 9 回国際度量衡総会 (1948 年) の決議 7，第 11 回国際度量衡総会 (1960 年) の決議 12 及び国際度量衡委員会によって 1962 年に採択された決定 (PV, 30, 27) の中で与えられた「ケルビン度」と「度」という名称，「°K」と「deg」という記号，及びそれらの使用規則，
- 熱力学温度の単位と温度の間隔の単位は，ただ一つの名称とただ一つの記号によって示されるべき同一の単位であること，

を考慮し，

- 熱力学温度の単位は「ケルビン」という名称で指示され，その記号は K であること，**
- それと同じ名称と記号が，温度の間隔を表すために用いられること，
- 温度の間隔は，セルシウス度によって表してもよいこと，
- 本決議の最初の段落で言及した熱力学温度の単位の名称，その記号及び温度の間隔又は差を表すための単位の指定に関する決定は廃止するが，これらの決定に従った単位の用法は当分の間認められること，

を決定する．

熱力学温度の SI 単位の定義 (ケルビン) (CR, 104 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43) *

決議 4

第 13 回国際度量衡総会は，

第 10 回国際度量衡総会 (1954 年) の決議 3 中にある熱力学温度の単位の定義を，より明示的な記述で表すことが有用であることを考慮し，

CIPM は，その 1997 年の会期中に，この決議が熱力学温度 0 K で基底状態のセシウム原子を指していることを確認した．

* CIPM は 1980 年の会議で，第 7 回 CCU (1980 年) の報告を承認した．その報告は“°K”と“deg”という記号の使用を今後は許さないことを要請したものである．

* 1990 年国際温度目盛に関する CIPM の勧告 5 (CI-1989) p. 78 参照．

この定義を，

「熱力学温度の単位，ケルビンは，水の三重点の熱力学温度の 1/273.16 である」

と表現することを決定する．

光度の SI 単位 (カンデラ) (CR, 104 及び *Metrologia*, 1968, 4, 43-44) *

決議 5

第 13 回国際度量衡総会 (CGPM) は，

- ・ 第 9 回国際度量衡総会 (1948 年) によって承認され，第 8 回国際度量衡総会 (1933 年) によって委託された権限に基づき，1946 年に国際度量衡委員会によって採択された「測光量の単位の変更に関する決議」(PV, 20, 119) に含まれている光度の単位の定義，
- ・ この定義が光度の単位の大きさを満足のいくように定めているが，文章の表現について批判の余地があるかもしれないこと，

を考慮し，

カンデラの定義を，

「カンデラは，101 325 ニュートン毎平方メートルの圧力の下での，白金の凝固点の温度における黒体の 1/600 000 平方メートルの表面の垂直方向の光度である」

と表すことを決定する．

* この定義は，1979 年に第 16 回国際度量衡総会によって廃止された(決議 3, p. 71 参照)．

SI 組立単位 (CR, 105 及び *Metlogia*, 1968, 4 . 44) *

決議 6

第 13 回国際度量衡総会は，

第 11 回国際度量衡総会(1960 年)の決議 12 第 4 項の表の中に，それ以外の組立単位を挙げることを有用性を考慮し，

波数	毎メートル	m^{-1}
エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K
比熱容量	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg·K)
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m·K)
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr
放射能 (放射線源の)	毎秒	s^{-1}

を付け加えることを決定する．

* 放射能の単位は，第 15 回 CGPM (1975 年，決議 8) によって固有の名称を与えられた (決議 8, 71 ページ参照)．

初期の決定の廃止 (ミクロン，ブージ・ヌーベル) (CR, 105 及び *Metlogia*, 1968, 4, 44)

決議 7

第 13 回国際度量衡総会は，

国際単位系に関して，国際度量衡総会によって，後に採択された諸決定が，

第 9 回総会(1948 年)の決議 7 のいくつかの部分と矛盾することを考慮し、
第 9 回総会の決議 7 から、

1. 現在は接頭語の一つであるが、単位の名称として決議された「ミクロン」、
及びこの単位に付与された記号「 μ 」、
2. 単位の名称「プージ・ヌーベル」、
を取り去ることを決定する。

CIPM, 1969 年

国際単位系，第 11 回 CGPM (1960 年)の決議 12 の適用のための規則
(CR, 37, 30 及び *Metrologia*, 1970, 6, 66) *

勧告 1

国際度量衡委員会は、
国際単位系に関する第 11 回国際度量衡総会の決議 12 (1960 年)が、いくつかの名称について議論を引き起こしたことを考慮し、

1. 一貫性のある集合を構成している国際単位系の基本単位、補助単位及び組立単位は、「SI 単位」**という名称で表示されること、
2. SI 単位の 10 進の倍量及び分量を作るために上記総会によって採用された接頭語は「SI 接頭語」と呼ばれること、
を声明し、さらに
3. SI 単位と、その名称が SI 接頭語を用いて作られる 10 進の倍量及び分量とを使用すること、
を勧告する。

備考：第 11 回国際度量衡総会の決議 12 (及び本勧告)の中に現れる「補助単位」という名称は、同総会がそれを基本単位に関係づけるか、組立単位に関係づけるかを決定していない SI 単位に与えられている。

CCDS, 1970 年 (CIPM, 1970 年に含まれる)

TAI の定義 (PV, 38, 110-111 及び *Metrologia*, 1971, 7, 43)

勧告 S2

国際原子時 (TAI) は、国際単位系における時間の単位である秒の定義に従って、いくつかの機関で運転されている原子時計の指示値に基づいて国際報時局が定める基準となる時刻の座標である。

1980 年、TAI の定義は次のように完成された (CCDS の声明, *BIPM Com. Cons. Déf. Seconde*, 1980, 9, S 15 及び *Metrologia*, 1981, 17, 70):

TAI は、回転するジオイド上で実現される SI の秒を目盛りの単位とした、地心座標計で定義される座標時の目盛りである。

* 第 20 回 CGPM (1995 年, 決議 8, p. 79 参照) は SI における補助単位の分類の廃止を決定した。

** 2001 年, CIPM は SI units 及び units of the SI に関する定義を明確にするための CCU の提案を承認した (p. 81 参照)。

この定義は 1991 年の国際天文連合の決議 A4 によってさらに詳細なものとなった：
「TAI は、その理想とする地球時 (TT) を実現する一つの時刻系であり、地球時とは一定の差 32.184 s だけ異なっている。地球時は、四次元地心座標系の時間座標である地心座標時 (TCG) とは、一定の歩度差を持つと関係付けられている。」(Proc. 21st General Assembly of the IAU, *IAU Trans.*, 1991. vol. XXIB, Kluwer を参照。)

第 14 回 CGPM, 1971 年

パスカル及びジーメンス (CR, 78)

第 14 回国際度量衡総会は、SI 単位のニュートン毎平方メートルに対する固有の名称「パスカル」(記号 Pa)と、コンダクタンスの SI 単位(オームの逆数)に対する固有の名称「ジーメンス」(記号 S)を採択した。

国際原子時, CIPM の役割 (CR, 77-78 及び *Metrologia*, 1972, 8, 35)

決議 1

第 14 回国際度量衡総会 (CGPM) は、

- ・ 国際単位系の時間の単位である秒が、1967 年以来、原子周波数そのものによって定義され、もはや、天体の運動によってもたらされる時刻目盛に基づかなくなっていること、
- ・ 国際原子時 (TAI) 目盛が必要となったのは、原子による秒の定義の結果であること、
- ・ 多くの国際機関では、とりわけ国際報時局 (BIH) の永続的な業務の恩恵によって、天体の運動に基づいた時刻目盛の設定が行われてきたし、また、現在も首尾よく設定されていること、
- ・ 国際報時局によって、十分認められた特性をもち、その有用性が証明されている原子時目盛の設定が開始されたこと、
- ・ 秒の実現に使われる原子周波数標準器が、諮問委員会の協力のもとに CIPM によって検討されてきたし、また、この状態は続けられなければならないこと、そして、国際原子時目盛における一目盛の単位間隔が、原子に基づく秒の定義に従って実現される秒でなければならないこと、
- ・ 権威ある国際科学機関やこの分野で活躍している国立研究所などのすべてが、CIPM と CGPM に対し国際原子時に定義を与え、国際原子時目盛の設定に貢献すべきであるという要望を表明したこと、
- ・ 国際原子時の活用が、天体の運動に基づく時刻目盛との密接な調整を必要としていること、

を考慮し、

国際度量衡委員会に対し、

1. 国際原子時の定義を与えること、
2. 科学的な能力と現用の施設が関連ある国際機関と協力して、国際原子時目盛の実現のためにできるだけよく活用されるように、そして、国際原子時の利用者の需要を満たすように、必要な処置をとること、

を要請する。

物質量の SI 単位 (モル) (CR, 78 及び *Metrologia*, 1972, 8, 36) *

決議 3

第 14 回国際度量衡総会は、

TAI の定義は 1970 年の CCDS (現在の CCTF) によって与えられた。p. 68 参照。

* CIPM は、その 1980 年の会期中に、この定義において炭素 12 の原子は結合しておらず、静止しており、基底状態にあるものを基準とすることが想定されている、ということを確認した第 7 回 CCU 会議 (1980 年) の報告を承認した。

物質の単位を定義する必要性に関する，国際純粋・応用物理学連合，国際純正・応用化学連合及び国際標準化機構の意見を考慮し，

1. モルは 0.012 キログラムの炭素 12 の中に存在する原子の数と等しい数の要素粒子を含む系の物質であり，その記号は「mol」である．
 2. モルを用いるとき，要素粒子が指定されなければならないが，それは原子，分子，イオン，電子，その他の粒子又はこの種の粒子の特定の集合体であってよい．
 3. モルは国際単位系の基本単位である．
- ことを決定する．

第 15 回 CGPM, 1975 年

光の速さに対して勧告される値 (CR, 103 及び *Metrologia*, 1975, 11, 179-180)

決議 2

第 15 回国際度量衡総会は，
メートルの実現上， $\pm 4 \times 10^{-9}$ と考えられる不確かさをもつ，可視又は赤外領域の分子吸収線の上に安定化されたレーザー放射における波長測定の結果の非常によい一致を考慮し，
更に，これらの放射についての，いくつかの周波数測定の一一致を考慮し，
真空中の電磁波の伝播速度に対して $c = 299\,792\,458$ メートル毎秒という値の採用を勧告する．

ここに引用されている相対不確かさは，対象とされるデータにおける標準不確かさの 3 倍に対応する．

協定世界時 (UTC) (CR, 104 及び *Metrologia*, 1975, 11, 180)

決議 5

第 15 回国際度量衡総会は，
「協定世界時」(UTC) と称される時系が，極めて広く使用されていること，
その時系が多くの場合，報時発信局によって放送されていること，かつ，その放送が利用者に対して，同時に標準周波数，国際原子時及び近似的な一つの世界時 (又は平均太陽時としてもよい) を提供していることを考慮し，
この協定世界時が，多くの国で法定常用時の基礎となっていることを確認し，
この使用が十分に推奨に値するものであると評価する．

放射線のための SI 単位 (ベクレル，グレイ) (CR, 105 及び *Metrologia*, 1975, 11, 180) *

決議 8 及び 9

第 15 回国際度量衡総会は，
放射線学の研究と応用に国際単位系の適用を広げることが，国際放射線単位測定委員会 (ICRU) によって緊急に表明されたゆえに，非専門家たちにこれらの単位をできるだけ容易に使用させる必要性のゆえに，臨床医学上の過

* 1976 年，CIPM は ICRU の意見に従って提出された，グレイを質量エネルギー分与，カーマ及び吸収線量を表すために使用してもよいという第 5 回 CCU の報告を承認した．

失の重大性をも考慮した上で、放射能の SI 単位に対して、次の固有の名称、ベクレル、記号 Bq であって、それは秒のマイナス 1 乗に等しい（決議 8）、を採用し、放射線の分野で用いる SI 単位に対して、固有の名称、グレイ、記号 Gy であって、それはジュール毎キログラムに等しい単位（決議 9）、を採用する。

備考：グレイは吸収線量の SI 単位である。放射線測定分野では、グレイは、また、ジュール毎キログラムで表示される別の物理量にも使用される可能性がある。そのため単位諮問委員会は、権威ある国際機関と協力してこの問題を検討する責任を負う。

SI 接頭語ペタとエクサ (CR, 106 及び *Metrologia*, 1975, 11, 180-181) *

決議 10

第 15 回国際度量衡総会は、第 11 回国際度量衡総会の決議 12 第 3 項によって採択された、単位の 10 進の倍量及び分量の名称を形成するための SI 接頭語の表に、次の二つの新しい接頭語を付け加えたことを決定する。

単位に乘じられる因数	接頭語	記号
10^{15}	ペタ	P
10^{18}	エクサ	E

* 新しい接頭語が第 19 回 CGPM (1991 年、決議 4) によって付け加えられた。

第 16 回 CGPM, 1979 年

光度の SI 単位 (カンデラ) (CR, 100 及び *Metrologia*, 1980, 16, 56)

決議 3

第 16 回国際度量衡総会 (CGPM) は、

- ・ いくつかの研究所の懸命の努力にも関わらず、一次標準としての現在の黒体を用いたカンデラの実現に対する諸結果の間には大きな差異が存在していること、
- ・ 放射測定技術が急速に発展し、既に測光の精度と同等の精度を確立していること、及びそれらの技術が、黒体を組み立てることなしにカンデラを実現するために、既にいくつかの国立研究所で用いられていること、
- ・ 測光量と放射測定量との間の関係、すなわち周波数 540×10^{12} ヘルツの単色放射の分光視感度に対する 683 ルーメン毎ワットという値が、国際度量衡委員会 (CIPM) によって 1977 年に採択されたこと、
- ・ この値が、明所視における測光量の系に対して十分に正確であると認められていたこと、暗所視における測光量の系に対して約 3 % の変更しか伴わないこと、したがって、十分な連続性を確保するものであること、
- ・ カンデラについて、測光標準の確立の容易さと精密さの両方を改良する

明所視は、眼の網膜上の錐体によって検知される。そして、それは高いレベルの輝度 ($L > \text{約 } 10 \text{ cd/m}^2$) に対して感度を持っており、日中の視力で使われる。暗所視は、網膜の桿体によって検知される。そして、それは低いレベルの輝度 ($L < \text{約 } 10^{-3} \text{ cd/m}^2$) に対して感度を持っており、夜間の視力で用いられる。これらの輝度レベルの間の領域では、錐体と桿体の両方が用いられ、これを薄明視と言う。

ことができ、かつ、明所視と暗所視の両方における測光量および薄明視領域においてこれから定義される諸量に対して適用されるような、新しい定義を与えるべき時期がきていること、

を考慮し、

1. カンデラは、周波数 540×10^{12} ヘルツの単色放射を放出し、所定の方向におけるその放射強度が 1/683 ワット毎ステラジアンである光源の、その方向における光度であること、
2. 第 8 回国際度量衡総会によって 1933 年に委託された権限に基づき国際度量衡委員会によって 1946 年に決定され、第 9 回国際度量衡総会によって 1948 年に承認され、次いで第 13 回国際度量衡総会によって 1967 年に修正されたカンデラ（当初はブージ・ヌーベルと呼ばれた）の定義は廃止すること、

を決定する。

線量当量の SI 単位のための固有の名称（シーベルト）（CR, 100 及び *Metrologia*, 1980, 16, 56）*

* 1984 年、CIPM はこの決議に補足説明を加えることを決めた（決議 1, p. 72 参照）。

決議 5

第 16 回国際度量衡総会は、

- ・ 放射線測定分野において SI 単位を導入するための努力が積み重ねられてきたこと、
- ・ 過小評価された照射のために起こる人体傷害の危険、すなわち吸収線量と線量当量との混同から危険を生じるかもしれないこと、
- ・ 固有の名称を無軌道に増やすことは、国際単位系に対する危険をもたらすおそれがあり、極力避けるべきではあるが、人体の健康保全を問題にする場合には、この原則に反してもやむを得ないこと、

を考慮し、

放射線防護分野における、線量当量の SI 単位に対してジュール毎キログラムに等しい固有の名称シーベルト、及びその記号 Sv を採用する。

リットルの記号（CR, 101 及び *Metrologia*, 1980, 16, 56-57）

決議 6

第 16 回国際度量衡総会は、

第 9 回国際度量衡総会（1948 年）の決議 7 で、単位記号の書き方に対して採択された原則を認知し、

単位リットルに対する記号 l が、国際度量衡委員会によって 1879 年に採用され、1948 年に同委員会決議で確認されたことを考慮し、

また、文字 l と数字 1 との間の混同からくる危険を避けるために、いくつかの国が単位リットルに対する記号 l の代わりに L を採用していることを考慮し、

リットルという名称は、国際単位系に含まれるものではないとはいえ、同単位系との一般的併用が認められなければならないことを考慮し、例外的な措置として、単位リットルに対して使用できる記号として、二つの記号 l と L を採用することを決定し、更に、将来二つの記号のうち一つだけを採用するべきであることを考慮し、国際度量衡委員会に二つの記号の使用についての普及状況を追跡させること、それに基づいて、二つのうち一つを排除する可能性についての意見を第 18 回国際度量衡総会に提出することを要請する。

CIPM は 1990 年に、リットルに対してただ一つの記号を選択することが、時期尚早であると考えた。

CIPM, 1980 年

SI 補助単位(ラジアンとステラジアン) (PV, 48, 24 及び *Metrologia*, 1981, 17, 72) *

* SI 補助単位の階級は第 20 回 CGPM の決定(1995 年 勧告 8)によって廃止された。

勧告 1

国際度量衡委員会 (CIPM) は、国際標準化機構の第 12 技術委員会 (ISO/TC12) によって 1978 年に採択された決議 3、及び単位諮問委員会 (CCU) によってその第 7 回会議で採択された勧告 UI (1980 年) を考慮に入れ、

- ・ 単位ラジアンとステラジアンは、分類の必要がある場合に、特にステラジアンが種々の量に対応する単位を区別するのに重要な役割を果たしている測光の分野において、単位の表示の中で常に導入されていること、
- ・ 用いられる式において、平面角を二つの長さの間の比として、立体角を面積と長さの 2 乗との間の比として一般に表すこと、したがって、これらの量が無次元量として扱われること、
- ・ 科学の分野における形式論の研究が、一貫性があると同時に便利なものは存在しないと、平面角と立体角の二量を基本量と考えるとしていること、

を考慮し、更に、

- ・ 1960 年に第 11 回国際度量衡総会の決議 12 の中に導入されな補助単位の階級に対して、1969 年に CIPM が与えた見解は、ラジアンとステラジアンを国際単位系の中の基本単位として扱う自由を残していること、
- ・ このような可能性が、七つの基本単位だけに基づく国際単位系の内部的な一貫性と両立すること、

を考慮して、

国際単位系の中の補助単位の階級を、国際度量衡総会が国際単位系の組立単位の表示において、それらを用いるか否かの自由を残して、無次元の組立単位の階級と解釈することを決定する。

第 17 回 CGPM, 1983 年

メートルの定義 (CR,97 及び *Metlogia*, 1984, 20, 25)

決議 1

第 17 回国際度量衡総会は、

- ・ 現在の定義では、すべての要求に対して十分に正確なメートルを実現できるとは限らないこと、
- ・ レーザーの安定化において達成された進歩により、クリプトン 86 ランプからの標準放射よりも再現性がよく、使い易い放射が得られること、
- ・ これらの放射の周波数と波長の測定において達成された進歩により、光の速さの一致した決定が得られており、その正確さは主に現在のメートルの定義におけるその実現によって制限されること、
- ・ 周波数の測定と光の速さの与えられた値によって決定される波長が、クリプトン 86 からの標準放射の波長との比較によって得られる値よりも優れた精度をもつこと、
- ・ 1975 年に第 15 回 CGPM によってその決議 2 で勧告された光の速さの値 ($c = 299\,792\,458\text{ m/s}$) を変更しないでおくことは、特に天文学や測地学にとって有利であること、
- ・ 新しいメートルの定義に対する種々の表現形式について、勧告されている値に等しい一つの定義値として光の速さを決めることがもたらす、すべての影響が検討されたこと、そして、現在のメートルの定義におけるその最良の実現の相対不確かさが $\pm 4 \times 10^{-9}$ であることを考えれば、新しい定義が長さの単位に何らの顕著な不連続性をもたらさないこと、
- ・ これらの表現形式、すなわち特定の時間の間に光が進む行程によるものと、測られた周波数又は特定の周波数の放射の波長によるものが、協議と徹底した討議の対象となり、それらが同等であると認められたこと、そして前者の形式がよいという合意が得られたこと、
- ・ メートルの定義のための諮問委員会が、このような定義を実現するための指示、すなわち、今まで標準として用いられたクリプトン 86 の檀色の放射の使用を含み、結果として補足され、修正されるであろう指示を今後ただちに準備すること、

を考慮し、

1. メートルは、1 秒の $299\,792\,458$ 分の 1 の時間に光が真空中を伝わる行程の長さである。
2. クリプトン 86 の原子の準位 $2p_{10}$ と $5d_5$ の間の遷移に基づく、1960 年以来施行されているメートルの定義を廃止する。

ことを決定する。

メートルの定義の実現について (CR, 98 及び *Metorologia*, 1984, 20, 25-26)

決議 2

ここに示した相対不確かさは関連するデータの標準偏差の 3 倍に相当するものである。

メートルの定義の実現の修正に関しては CIPM の勧告 1 (CI-2002), p. 81 を参照。

第 17 回国際度量衡総会は、
国際度量衡委員会に対して、

- ・ 新しいメートルの定義を実現するための指示を確立すること、
- ・ 長さの干渉測定のための波長標準として勧告されうる放射を選択し、その使用のための指示を確立すること、
- ・ これらの標準を改善するために行われる研究を推進すること。

を要請する。

CIPM, 1984 年

シーベルトについて* (PV, 52, 31 及び *Metrologia*, 1985, 21, 90)*

勧告 1

国際度量衡委員会は、
第 16 回国際度量衡総会 (1979 年) によって承認された決議 5 について存続している混同を考慮し、

文書「国際単位系 (SI)」の中に、次の説明を導入することを決定する：
線量当量 H という量は、電離放射線の吸収線量 D と国際放射線防護委員会によって規定された二つの無次元の係数 Q (キュー) と N (その他すべての係数の積) との積である：

$$H = Q \cdot N \cdot D$$

したがって、ある放射線に対してジュール毎キログラムによる H の数値は、 Q と N の値によって、ジュール毎キログラムによる D の数値とは異なることがあり得る。吸収線量 D と線量当量 H を混同する危険を避けるために、それぞれの単位に対して固有の名称を使用すべきである。すなわち、吸収線量 D の単位に対しては、ジュール毎キログラムの代わりにグレイという名称を、線量当量 H の単位に対しては、ジュール毎キログラムの代わりにシーベルトという名称を使用すべきである。

* CIPM は 2002 年に、本 SI 文書にある線量当量という量に関する記述を変更することを決定した (勧告 2, p. 83 参照)。

第 18 回 CGPM, 1987 年

ボルトとオームの現示に対する今後の調整 (CR, 100 及び *Metrologia*, 1988, 25, 115)

決議 6

第 18 回国際度量衡総会は、

- ・ 電氣的諸単位の各国での現示の世界的統一と長期にわたる恒常性は、科学、通商、工業にとって、技術的見地からも経済的見地からも最重要課題であること、
- ・ 多くの各国研究機関が、可能な限りの長期的安定性を有するボルト及びオームの現示をそれぞれ維持するためにジョセフソン効果を利用し、また、量子ホール効果の利用を開始していること、

- ・ 種々の物理量の計量単位間の一貫性が重要であることを認識し、これらの単位の現示に用いられる値は可能な限り SI に一致しなければならないこと、
- ・ 現在行われている、あるいは最近終了した実験の結果により、二つの効果のそれぞれをそれらに対応する電気単位に結びつける係数の許容し得る値、すなわち SI に十分に一致し得る値、を定めることが可能となるだろうこと、

を考慮して、

ジョセフソン効果において電圧を周波数で除した商と量子ホール効果において電圧を電流で除した商を定めるのに貢献できる研究機関に対し、積極的に研究を遂行しその成果を遅滞無く国際度量衡委員会に報告することを要請し、

国際度量衡委員会に対し、同委員会がそれぞれの商の値を採用することがすべての国で実施可能と判断した後、速やかに、それらを勧告する権限を与える；この値は遅くとも 1 年前に通告され、1990 年 1 月 1 日から採用される予定である。

CIPM, 1988 年

ジョセフソン効果を用いたボルトの現示 (PV, 56, 44 及び *Metrologia*, 1989, 26, 69)

勧告 1

国際度量衡委員会は、

ボルトとオームの現示に対する今後の調整に関する、第 18 回国際度量衡総会の決議 6 に示された指示に従って、

ジョセフソン定数 K_J 、すなわちジョセフソン効果におけるステップ $n=1$ に相当する電圧に対する周波数の商として、最近の測定結果に対する詳細な検討により、483 597.9 GHz/V が導かれていること、

K_J のこの値を用いて、ボルトに対する相対値として不確かさ (標準偏差) が 4×10^{-7} と評価され、またそれより十分よい再現性をもつような起電力の参照標準を確立するのに、ジョセフソン効果が利用可能であることを考慮して、

- ・ 協定値として、ジョセフソン定数 K_J に対し、正確に 483 597.9 GHz/V という値が採用されること、
- ・ この新しい値は、1990 年 1 月 1 日から (そしてそれ以前ではなく)、現在使用されている値に代って使い始められること、
- ・ この新しい値は、起電力の測定をジョセフソン効果に基づいて行っているすべての研究所で同日から使い始められること、
- ・ 同日以降、他のすべての研究所は、この新しい値と整合が図られるよう

に、それぞれの参照標準器の値を調整すること、
を勧告し、
予測可能な将来において、このジョセフソン定数として勧告された値のいかなる変更の必要も生じないであろうことを期待し、
この新しい値が、1972年に電気諮問委員会がその宣言 E-72 で述べた値に比べて 3.9 GHz/V だけ大きい、すなわち相対値として約 8×10^{-6} だけ大きいものであることに対し各研究所の注意を促す。

量子ホール効果によるオームの現示 (PV, 56, 45 及び *Metrologia*, 1989, 26, 70)

勧告 2

国際度量衡委員会は、
ボルトとオームの現示に対する今後の調整に関する、第 18 回国際度量衡総会の決議 6 に示された指示に従って、

- ・ 現実のほとんどの参照用標準電気抵抗器の値が時間とともに有意な変動を示すこと、
- ・ 量子ホール効果に基づいた電気抵抗の参照標準器は、安定で再現性も良好であること、
- ・ フォン・クリツィング定数 R_K 、すなわち量子ホール効果においてホール電圧を量子化次数 $i=1$ のプラトーに相当した電流で除した商として、最近の測定結果に対する詳細な検討により 25 812.807 Ω が導かれていること、
- ・ R_K のこの値を用いて、オームに対する相対値として不確かさ(標準偏差)が 2×10^{-7} と評価され、またそれより十分良い再現性をもつような抵抗の参照標準を確立するのに、量子ホール効果が利用可能であること、

を考慮して、

- ・ 協定値として、フォン・クリツィング定数 R_K に対し、正確に $R_{K-90} = 25\,812.807\ \Omega$ という値が採用されること、
- ・ この新しい値は、1990年1月1日から(そしてそれ以前ではなく)、電気抵抗の測定を量子ホール効果に基づいて行っているすべての研究所で使い始められること、
- ・ 同日以降、他のすべての研究所は、 R_{K-90} と整合が図られるように、それぞれの参照標準器の値を調整すること、
- ・ 量子ホール効果に基づいた電気抵抗の参照標準器を確立するために、各研究所は電気諮問委員会によってまとめられ、国際度量衡局によって発行される量子ホール効果に関する最新の指導書に従うこと、

を勧告し、

予測可能な将来において、このフォン・クリツィング定数として勧告された値のいかなる変更の必要も生じないであろうことを期待する。

CIPM, 1989 年

1990 年国際温度目盛 (PV, 57, 115 及び *Metrologia*, 1990, 27, 13)

勧告 5

国際度量衡委員会 (CIPM) は, 1987 年第 18 回国際度量衡総会 (決議 7) に示された要請に従って, 1968 年国際実用温度目盛 (IPTS-68) に代わ 1990 年国際温度目盛 (ITS-90) を採択した。

CIPM は, IPTS-68 と比較して, ITS-90 が,

- ・ 更に低い温度領域 (0.65 K まで) に拡張されること, したがって, 1976 年 0.5 K-30 K 暫定温度目盛 (EPT-76) に代わるものともなること,
- ・ 対応する熱力学温度との一致が概ね更に良くなること,
- ・ その全温度領域で大幅に改善された連続性, 精密さ及び再現性を持つこと,
- ・ 特定の温度領域は, 選択可能な複数の部分的温度領域とその部分的温度領域毎に決められた目盛の定義を持っているため, 目盛の使用が大幅に容易になること,

を指摘する。

あわせて CIPM は, ITS-90 の文書に加えて, 二つの文書: 「ITS-90 に関する補足情報」(訳注: 計量研究所所報, 1992, 41, 307) 及び「ITS-90 を近似するための手法」が国際度量衡局によって出版され, 定期的に更新されることを

指摘する。

CIPM は

- ・ ITS-90 が 1990 年 1 月 1 日から発効すること,
- ・ IPTS-68 と EPT-76 が同日をもって廃止されること,

を勧告する。

第 19 回 CGPM, 1991 年

SI 接頭語ゼタ, ゼプト, ヨタ及びヨクト (CR, 185 及び *Metrologia*, 1992, 29, 3)

決議 4

第 19 回国際度量衡総会 (CGPM) は,

第 11 回 CGPM, 決議 12 第 3 項, 第 12 回 CGPM, 決議 8 及び第 15 回

CGPM 決議 10 によって採択された, 単位の 10 進の倍量及び分量の名称を形成するための SI 接頭語の表に, 次の接頭語,

単位に乘じられる因数	接頭語	記号
10^{21}	ゼタ	Z
10^{-21}	zepto	z

名称zeptoとゼタは, 数字の7 (10^3 の7乗) を連想させ, 記号として文字“s”の重複使用を避けるために, 文字“z”が文字“s”に置き換わっている。名称yoctoとヨタは, 数字の8 (10^3 の8乗) を連想させる octo から導入され, 数字のゼロと混同する可能性のある文字“o”の使用を避けるために, 文字“y”が付け加えられている

10^{24}	ヨタ	Y
10^{-24}	ヨクト	y

を付け加えることを決定する。

第 20 回 CGPM, 1995 年

SI における補助単位の階級の廃止(CR, 223 及び *Metrologia*, 1996, 33, 83)

第 20 回国際度量衡総会は、

- ・ 国際単位系 (SI) を確立した 1960 年の第 11 回国際度量衡総会が、その決議 12 のなかで、単位の三つの階級、すなわち、基本単位、組立単位及び補助単位に分類したこと、そして、この第三の階級がラジアンとステラジアンだけを含んでいること、
- ・ 基本単位や組立単位と比較して、補助単位の地位が議論を引き起こしたこと、
- ・ 補助単位のあいまいな地位が SI の内部的な一貫性を危うくしていることを認めている CIPM が、1980 年にその勧告 1 (CI-1980) の中で、補助単位を SI では無次元の組立単位として解釈したこと、

を考慮し、

CIPM によって 1980 年に与えられた解釈を承認し、

- ・ SI の中で補助単位、すなわちラジアンとステラジアンを無次元の組立単位として解釈すること、それらの名称と記号は便宜上、他の SI 組立単位の表示の中で、必然的ではないが、必要に応じて用いられうること、
- ・ したがって、SI の中で補助単位の階級を単独の階級としては除去すること、

を決定する。

第 21 回 CGPM, 1999 年

キログラムの定義 (CR, 331 及び *Metrologia*, 2000, 37, 94)

勧告 7

第 21 回国際度量衡総会は、

- ・ 国際単位系 (SI) の長期的な安定性を保証する必要性、
- ・ SI の基本単位の一つである質量の単位を人工物で定義することによる本質的な長期安定性の不確かさ、
- ・ それに伴う、キログラムに依存する他の三つの基本単位、すなわちアンペア、モルおよびカンデラの長期安定性の不確かさ、
- ・ 質量の単位を基礎定数や原子定数に結びつけるために行われた幾つかの実験のこれまでの進捗、
- ・ そのような結びつきを達成するのに一つ以上の方法を持つことの望ましさ、

を考慮し、

将来のキログラムの再定義のために、複数の国家標準研究機関が、質量の単位を基礎定数や原子定数に結びつける実験を改良する努力を続けるよう勧告する。

酵素活性の表現のための SI 組立単位、モル毎秒の固有の名称、カタール (CR 334-335 及び *Metrologia*, 2000, 37, 95)

決議 12

第 21 回国際度量衡総会は、

- ・ 人の健康や安全のために医学や生物化学の分野において SI 単位の使用を促進することの重要性、
- ・ 国際単位系 (SI) にコヒーレントではなく、1 マイクロモル毎分に等しい非 SI 単位である「ユニット」(unit, 記号 U) が、1964 年以降、医学や生物化学において酵素活性を表現するために広汎に使用されていること、
- ・ 国際単位系にコヒーレントな組立単位モル毎秒に対する固有の名称がないことが、臨床計測の結果に様々な現地単位を与えていること、
- ・ 医学や臨床化学における SI 単位の使用が、これらの分野の国際団体から強く勧告されていること、
- ・ 国際臨床化学連合が単位諮問委員会に SI 単位モル毎秒に対する固有の名称カタール (記号 kat) を勧告することを要請したこと、
- ・ 固有の名称の多用は国際単位系への危険があるものの、人の健康や安全に関する事項では特例とされること (15 回総会, 1975, 決議 8 及び 9, 16 回総会, 1979, 決議 5),

を考慮し、

酵素活性の表現のために、名称カタール (記号 kat) が、SI 単位モル毎秒に対して 30 年以上使用されていることを注記し、

特に医学や生物化学の分野における酵素活性の表現のために、SI 単位のモル毎秒に対する固有の名称カタール (記号 kat) を採用することを決定し、カタールを使用する際、測定手法に言及して測定対象を規定し、測定手法では指示薬反応を明示しなければならないことを勧告する。

CIPM, 2000 年

量子ホール効果の関数として抵抗の参照標準の値を表示するためにフォン・クリッツィング定数を使用すること (PV, 68, 101)

2000 年の第 89 回会議において CIPM は、第 22 回 CCEM の次の宣言 (CCEM, 22, 90) を承認した。

「CCEM は、1998 年 CODATA 基礎定数最小二乗調整を精査した結果、 R_{K-90} の値を用いることにより、量子ホール効果は 1×10^{-7} の相対不確かさ (標準偏差) でオームを実現し、それよりもはるかに高い再現性で電気抵抗の参照

標準を確立するのに利用可能であるという見解に達した。このことは 1998 年の勧告に比べて不確かさが半分に減少することを意味する。」

CIPM, 2001 年

SI 単位 (PV, 69, 120)

CIPM は 2001 年, CCU の SI 単位への見解について次の提案を承認した。

「SI 単位 (SI units 及び units of the SI) は, 基本単位, 一貫性のある組立単位, 及び接頭語と結合することによって得られる全ての単位の名称と見なされるべきであると提案する。その意味が基本単位と一貫性のある組立単位のみで制限されるとき, 「一貫性のある SI 単位」(coherent SI units) という名称が使われるべきである。」

CIPM, 2002 年

メートルの定義を現示するリストの改訂 (PV, 70, 194-204 及び *Metrologia*, 2003, 40, 103-133)

勧告 1

国際度量衡委員会 (CIPM) は,

- ・ 1983 年第 17 回国際度量衡総会 (CIPM) が新しいメートルの定義を採択したこと,
- ・ 同じ年, CGPM が国際度量衡委員会 (CIPM) に,
 - ・ メートルの現示方法の指示を文書としてまとめること,
 - ・ 長さの干渉測定のための波長標準として勧告され得る放射を選択しその使用のための指示を文書としてまとめること,
 - ・ これらの標準を改善するために行われる研究を推進すること, そして, 次第にこれらの指示を拡張または改訂していくこと,

を依頼したこと,

- ・ この依頼に応じて CIPM が勧告 1 (CI-1983) (mise en pratique de la definition du metre),
 - ・ メートルは, 次の方法の一つによって実現される。
 - a) 時間 t の間に平面電磁波が真空中を伝わる行程の長さ l による方法。この長さは, $l = c_0 t$ の関係式及び真空中の光の速さ $c_0 = 299\,792\,458$ m/s の値を用い, 時間 t を測定することによって得られる。
 - b) 周波数 f の平面電磁波の真空中の波長 λ による方法。この波長は $\lambda = c_0/f$ の関係式及び真空中の光の速さ $c_0 = 299\,792\,458$ m/s の値を用い, 周波数 f を測定することによって得られる。
 - c) 真空中の波長又は周波数が与えられている下記のリストにある放射の一つによる方法。示された仕様と適切と認められる操作方

法に従うならば、そこに示されている不確かさで用いることができる。

- ・ ただし、すべての場合、回折、重力あるいは真空の不完全さのような実際の条件を考慮して必要な補正が施されるべきである。
- ・ 一般相対性理論の文脈では、メートルは固有長さの単位と考えられる。したがって、その定義は、重力場の非一様性の効果が無視できるような十分小さい空間領域でのみ適用される。この場合、考えるべき効果は特殊相対性理論の効果のみとなる。b)や c)で勧告されているメートルの実現の局所的な方法は固有メートルを与えるが、a)で勧告されているものについては必ずしもそうではない。したがって、方法 a)については、長さ l が十分短く、一般相対性理論により予想される効果が実現の不確かさに比べ無視できる範囲に制限されるべきである。そうでない場合、測定の解釈をどうするかにあたっての助言については、一般相対性理論の度量衡への応用についての CCDS 作業委員会の報告を参照のこと(Application of general relativity to metrology, *Metrologia*, 1997, **34**, 261-290),

・ CIPM がこの目的のため、すでに放射のリストを勧告したこと、
を想起し、

また、1992 年と 1997 年に CIPM がメートルの定義の現示方法を改訂したことをも想起し、

- ・ 科学と技術が、メートルの現示のさらなる正確さ向上を要求し続けていること、
- ・ 1997 年以来、国立研究所、BIPM、その他での研究が、より小さな不確かさをもたらす新しい放射とそれらの実現方法を明らかにしたこと、
- ・ 時間関係の活動において光周波数への動きが増加していること、そして推奨される放射 (mise en pratique) がカバーする領域が、幾何形状測定の標準やメートルの実現といった分野だけでなく、高分解能分光学、原子分子物理学、基礎定数や通信の分野にも広がり続けていること、
- ・ 高安定な冷却原子やイオンの標準の放射について不確かさを減少させた新しい周波数値がすでに勧告値の表として手に入ること、いくつかの新しい冷却原子やイオン種の放射の周波数が最近測定されたこと、光通信帯で重要な波長帯も含む、気体セルに基づく多くの光周波数標準について、不確かさが大きく減少した値が決定されたこと、
- ・ 新しいフェムト秒コム技術が、高い安定性をもつ光周波数標準の周波数と SI 秒を実現している周波数を関連付けるために明らかに重要であること、これらの技術が SI トレサビリティをもたらす便利な測定技術であること、そしてコム技術が測定技術だけでなく周波数源ともなりうること、

を考慮して、

コム技術が、時を得た適切な技術であることを認識し、この技術の能力が十分に研究されることを承認し、

他の周波数チェイン技術との比較によりコム技術の妥当性がなされたことを歓迎し、

国立の標準研究所と他の研究機関に対し、コム技術の達成でき得るかぎりの正確さの追求と、幅広い応用へむけた簡便化への追求を促し、

- ・ CIPM により、1997 年に与えられた勧告されている放射のリスト(勧告 1 (CI-1997)) を以下の内容を含む放射のリスト*に置き換えること、
 - ・ 冷却 Ca 原子、水素原子、トラップされた Sr⁺イオンの改訂された周波数値
 - ・ トラップされた Hg⁺イオン、In⁺イオン、Yb⁺イオンを含む新しい冷却イオン種の周波数値
 - ・ Rb 安定化レーザ、ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザと He-Ne レーザ、メタン安定化 He-Ne レーザ、波長 10 μm の OsO₄ 安定化炭酸ガスレーザの改訂された周波数値
 - ・ Rb や C₂H₂ 安定化レーザを含む光通信帯に関連する標準の周波数値を勧告する。

* 勧告された放射の表、決議 1、(CI-2002)は PV, 70, 197-204 及び Metrologia, 2003, 40, 104-115 にある。改訂版は BIPM の web サイトで手に入る。
www.bipm.org/en/publications/mep.html.

線量当量 (PV, 70, 205)

勧告 2

J. Radiol. Prot., 2005, 25, 97-100 参照。

国際度量衡委員会は、

- ・ 線量当量(シーベルト)の SI 単位の現行での定義が国際放射線防護委員会(ICRP)によって規定された係数 N (その他すべての係数の積)を含んでいる。また、
 - ・ ICRP と国際放射線単位測定委員会(ICRU)が共にこの係数 N は最早必要ないと考え、削除すると決定し、また
 - ・ 係数 N を含む H の現行の SI の定義は多少混乱の原因となっている、
- ことを考慮し、文書「国際単位系(SI)」の中の説明を下記のように変更することを決定する。

線量当量 H という量は、電離放射線の吸収線量 D とICRUによって線エネルギー転移の関数として定義された無次元の係数 Q (キュー)の積である。

$$H = Q \cdot D$$

したがって、ある放射線に対してジュール毎キログラムによる H の数値は、 Q の値によって、ジュール毎キログラムによる D の数値とは異なることがあり得る。

また当委員会は、本説明の最後の文は下記ののままとすることを決定する。吸収線量 D と線量当量 H を混同する危険を避けるために、それぞれの単位に対して固有の名称を使用すべきである。すなわち、吸収線量 D の単位に対しては、ジュール毎キログラムの代わりにグレイという名称を、線量当量 H

の単位に対しては、ジュール毎キログラムの代わりにシーベルトという名称を使用すべきである。

CIPM, 2003 年

推奨放射(Mise en Pratique)リストの改訂(PV, 71, 146 及び *Metrologia*, 2004, 41, 99-100)

改訂版は BIPM の web サイトで手に入る。
www.bipm.org/en/publications/mep.html.

勧告 1

CIPM は、

- ・すでに推奨放射のリストに載っているいくつかの高い安定度をもつ冷却イオンの標準の放射の改良された周波数値が最近手に入るようになったこと、
- ・すでに推奨放射のリストに載っている光通信帯での赤外のガスセルに基づいた光周波数標準の改良された周波数値が決定されたこと、
- ・補助的な推奨リスト(訳注:いわゆる MeP の第 2 表, Kr, Hg や Cd ランプの標準の他, あまり研究されなくなった安定化レーザの標準が掲載されている)にあるヨウ素分子のガスセルを基準とした標準の周波数測定がフェムト秒コムにより行われ, その不確かさが大きく減少したこと、

を考慮し、

推奨放射のリストに下記

- ・トラップされた孤立 $^{88}\text{Sr}^+$ イオンの四重極遷移, トラップされた孤立 $^{171}\text{Yb}^+$ イオンの八重極遷移の更新された周波数値、
- ・1.54 μm の C_2H_2 安定化標準の更新された周波数値、
- ・543 nm と 515 nm のヨウ素安定化標準の更新された周波数値、

を含めるように改訂されることを提案する。

第 22 回 CGPM, 2003 年

小数点の記号 (CR, 381 及び *Metrologia*, 2004, 41, 104)

勧告 10

第 22 回総会は、

- ・SI 単位の主要な目的は、世界中いたるところで量の値がたやすく理解できるように説明されることである。
- ・量の値は通常数値と単位の積として表わされる。
- ・量の値を説明する数値は、整数部分と小数部分を含む複数の桁からなる。
- ・1948 年第 9 回総会の勧告 7 によると、数値の表示において、カンマ(フランス式)又はピリオド(イギリス式)は、整数部分と小数部分を分けるためのみに用いられる。
- ・第 86 回国際委員会(1997)の決定によると、BIPM は SI 小冊子英語版(SI における権威ある文献)を含む英語の出版物においてはポイントを使用し、フランス語版出版物においてはコンマを使用する。

- ・ しながら、いくつかの国際団体はその英語の文書で小数点としてコンマを使用している。
- ・ さらに、国際標準組織を含むいくつかの国際団体で、すべての言語において小数点としてコンマを指定している。
- ・ 小数点としてのコンマの指定する多くの言語は、小数点として慣例的にポイントを使用する言語と対立している。
- ・ 複数の国で話されるいくつかの言語では国によって、複数の言語が話されている国では言語によって、ピリオドかコンマのどちらかが小数点として使用されている。

ことを考慮し、

小数点の記号は、ピリオドかコンマのどちらかを使用すべきであると宣言し、

「数は読みやすいよう 3 桁ずつに区切ってよい。ただし、その区切りは決してピリオドによってもカンマによっても分けられてはならない」という 1948 年第 9 回 CGPM の勧告 7 を再承認する。

CIPM, 2005 年

熱力学温度の単位、ケルビンの定義の明確化 (PV, 94, 印刷中, 及び *Metrologia*, 2006, 43, 177-178)

勧告 2

国際度量衡委員会は、

- ・ 熱力学温度の単位、ケルビン、が水の三重点の熱力学温度の $1/273.16$ として定義されていること、
- ・ 水の三重点の温度は、試料として使用された水の中に存在する水素と酸素の種々の同位体の量の比率に依存すること、
- ・ この効果が、現在では、水の三重点の個々の実現の間で観測される温度のばらつきの主要な原因の一つであること、

を考慮し、

- ・ ケルビンの定義は特定の同位体組成の水に関するものであること、
- ・ この組成は次の通りであること、
1 モルの ^1H あたり 0.000 155 76 モルの ^2H 、
1 モルの ^{16}O あたり 0.000 379 9 モルの ^{17}O 及び
1 モルの ^{16}O あたり 0.002 005 2 モルの ^{18}O 。

これは、IUPAC の Atomic Weights of the Elements: Review 2000 の勧告値に基づく、国際原子力機関 (IAEA) の標準物質 Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) の組成である。

- ・ この組成を SI 冊子の中のケルビンの定義に付された注記の中で次のように言明すること、
「この定義は、下記の物質量の比により厳密に定義された同位体組成を

持つ水に関するものである。1 モルの ^1H あたり 0.000 155 76 モルの ^2H ,
1 モルの ^{16}O あたり 0.000 379 9 モルの ^{17}O 及び 1 モルの ^{16}O あたり
0.002 005 2 モルの ^{18}O .」

を決定する。

推奨放射 (Mise en Pratique) リストの改訂 (PV, 94, 印刷中及び
Metrologia , 2006, 43, 178)

勧告 3

国際度量衡委員会は、

- ・すでに推奨放射のリストに載っているいくつかの高い安定度をもつ冷却イオンの標準の放射の改良された周波数値が最近手に入るようになったこと、
- ・すでに推奨放射のリストに書かれている光通信帯での赤外のガスセルに基づいた光周波数標準の改良された周波数値が決定されたこと、
- ・補助的な推奨リストにあるヨウ素分子のガスセルを基準とした標準の改良された周波数値が決定されたこと、
- ・新しい冷却原子の、近赤外領域での原子の、光通信帯における分子のそれぞれの周波数値がはじめて光コムにより周波数計測されたこと、

を考慮し、

推奨放射のリストが下記

- ・トラップされた孤立 $^{88}\text{Sr}^+$ イオンの四重極遷移、トラップされた孤立 $^{199}\text{Hg}^+$ イオンの四重極遷移、トラップされた孤立 $^{171}\text{Yb}^+$ イオンの四重極遷移の更新された周波数値、
- ・Ca 原子の遷移の更新された周波数値、
- ・1.54 μm の C_2H_2 安定化標準の更新された周波数値、
- ・515 nm のヨウ素安定化標準の更新された周波数値、
- ・698 nm の Sr 原子の遷移の追加、
- ・760 nm の Rb 原子の 2 光子遷移の追加、
- ・1.54 μm の $^{12}\text{C}_2\text{H}_2$ ($1+ 3$) バンドそして $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$ ($1+ 3$) と ($1+ 3+$
 $4+ 5$) バンドの追加、

を含むように改訂されることを決定する。

付録 2. 重要な単位の現示方法

付録 2 は電子媒体でのみ刊行されるものとする。それは BIPM の website (www.bipm.org/en/si_brochure/appendix2/) から入手することができる。

付録 3. 光化学的および光生物学的な量の単位

光放射はある種の生物あるいは非生物の物質に化学変化を起こすことができる。この性質はアクティニズムと呼ばれ、そのような変化を起こしうる放射は光化学的放射と呼ばれる。光化学的放射は分子レベルにおいて、一つの光子が一つの分子と相互作用し、その分子を変化あるいは破壊させて新しい分子種にするという基本的な特性を有している。したがって、光放射に関係する化学的、生物学的受容体の光放射による結果を用いて、ある光化学的、光生物学的な量を定義することが可能である。

度量衡の分野において SI 系の測定のために正式に定義されている唯一の光生物学的量は、視覚をもたらす光と人間の目の相互作用についてのものである。SI 基本単位の一つであるカンデラはこの重要な光生物学的量のために既に定義されている。カンデラから導出される数種のほかの測光量（ルーメン、ルクスなど、29 ページにある 2 章中の表 3 を参照のこと）も定義済みである。

測光量とその単位の定義は、国際照明用語集第 4 版、JCIE 翻訳出版 No. 8 (1989) [International Lighting Vocabulary, CIE publication 17.4 (1987); International Electrotechnical Vocabulary, IEC publication 50, chapter 845: lighting.] に記されている。

1. 光化学的作用スペクトル

光放射はその分光パワー分布によって特性付けられる。光放射が、化学的、生物学的系によって吸収される機構は通常複雑であり、常に波長（あるいは周波数）依存性を持っている。しかし、度量衡の目的のためには、吸収機構の複雑さは無視することができ、光化学作用効果は単に、入射放射に対する光化学的、光生物学的応答につながる光化学的作用スペクトルによって特徴付けられる。このアクティニズムスペクトルは、ある与えられた光化学的応答を引き起こす波長の単色光放射の相対的な効力を表す。それは効力の最大値を 1 に規格化した相対値によって与えられる。通常アクティニズムスペクトルは、国際的な科学あるいは規格の機関によって定義・勧告される。

視覚については、二つの作用スペクトルすなわち明所視の $V(\lambda)$ と暗所視の $V'(\lambda)$ が CIE によって定義され、CIPM によって保証されている。これらは測光量の測定において用いられ、測光分野の SI 単位であるカンデラの定義の非明示的な部分を成している。明所視は目の網膜の錐体によって検出される。錐体は高レベルの輝度 ($L > \text{約 } 10 \text{ cd m}^{-2}$) に対して敏感であり、日中の視覚に使用される。暗所視は網膜の桿体によって検出される。桿体は低レベルの輝度 ($L < \text{約 } 10^{-3} \text{ cd m}^{-2}$) に対して敏感であり、夜間の視覚に使用される。これらの輝度レベルの中間領域については、錐体と桿体の両方が使用され、薄明視と呼ばれる。

測光学の原理, Monographie BIPM, 1983, 32 pp.

紫外放射についての紅斑（皮膚が赤みをおびること）作用スペクトルをは

じめとする,他の光化学効果に対する他の作用スペクトルも CIE によって既に定義されているが,これらは SI 系の中では特段の地位は与えられていない。

2. 光化学的・光生物学的な量の測定と対応する単位

現在用いられている測光量と測光単位は,十分に確立され,長い間広く使用されている。これらは次の規則によって影響されることはない。ほかのすべての光化学的および光生物学的な量については,単位を定義するにあたり以下の規則を適用しなければならない。

光化学的および光生物学的な量は,波長選択性のある受容体(その分光感度は,考慮する光化学的ないし光生物学的な効果の光化学的作用スペクトルによって定義する)への作用にしたがって,放射を評価することにより,純粋に物理的な用語を用いて,対応する放射量から導出される量として定義する。その量は,適切な光化学的作用スペクトルによって重み付けした放射量の分光分布の波長積分によって与えられる。現実の光化学効果は,算術的な加法則に完全には従わないが,積分の使用により,光化学的な量に対し暗黙のうちにそれが成り立つと仮定している。作用スペクトルは相対的な量であり,SI 単位 1 の無次元量である。その放射量はその量に対応する放射測定単位を持つ。したがって,組立量に対する SI 単位を求める規則により,光化学的ないし光生物学的な量の単位は対応する放射量の放射測定単位となる。定量的な値を与える時,放射測定量と光化学的な量のそれぞれの単位が同一となるので,そのいずれを意図しているかを明記することが必須である。もしある光化学効果に複数の作用スペクトルが存在する場合,測定に用いる作用スペクトルを明確に示さなければならない。

光化学的ないし光生物学的な量に用いられる単位を定義する方法は,1977 年の第 9 回測光・放射測定諮問委員会によって勧告されている。

一例として,紫外放射源からの紅斑効果放射照度 E_{er} は,波長 λ におけるその放射の分光放射照度を,この波長における紅斑をおこす放射の効力によって重み付けし,放射源スペクトル中に存在するすべての波長にわたって和を取ることによって得られる。これは数学的に次のように表記できる。

$$E_{er} = \int E_{\lambda} s_{er}(\lambda) d\lambda$$

ここで E_{λ} は波長 λ における分光放射照度(通常 SI 単位では $W m^{-2} nm^{-1}$ と表記される), $s_{er}(\lambda)$ は最大の分光値で 1 に規格化した光化学的(作用)スペクトルである。このようにして決定された紅斑効果放射照度 E_{er} は,通常 SI 単位では $W m^{-2}$ と表記される。

現行版で使用されている略語のリスト

1. 研究所，委員会及び会議の略語*

BAAS	British Association for the Advancement of Science ; 英国科学振興協会
BIH	Bureau International de l'Heure ; 国際時報局
BIPM	International Bureau of Weights and Measures/Bureau International des Poids et Mesures ; 国際度量衡局
CARICOM	Caribbean Community ; カリブ共同体
CCAUV	Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration/Comité Consultatif de l'Acoustique, des Ultrasons et des Vibrations ; 音響・超音波・振動諮問委員会
CCDS*	Consultative Committee for the Definition of the Second/Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde, CCTF を参照 ; 秒の定義のための諮問委員会
CCE*	Consultative Committee for Electricity/Comité Consultatif d'Électricité, CCEM を参照 ; 電気諮問委員会
CCEM	(formerly the CCE) Consultative Committee for Electricity and Magnetism/Comité Consultatif d'Électricité et Magnétisme ; 電気・磁気諮問委員会
CCL	Consultative Committee for Length/Comité Consultatif des Longueurs ; 長さ諮問委員会
CCM	Consultative Committee for Mass and Related Quantities/Comité Consultatif pour la Masse et les Grandeurs Apparentées ; 質量関連量諮問委員会
CCPR	Consultative Committee for Photometry and Radiometry/Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie ; 測光・放射測定諮問委員会
CCQM	Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry/Comité Consultatif pour la Quantité de Matière : Métrologie en Chimie ; 物質量諮問委員会
CCRI	Consultative Committee for Ionizing Radiation/Comité Consultatif des Rayonnements Ionisants ; 放射線諮問委員会
CCT	Consultative Committee for Thermometry/Comité Consultatif de Thermométrie ; 測温諮問委員会
CCTF	(formerly the CCDS) Consultative Committee for Time and Frequency/Comité Consultatif du Temps et des Fréquences ; 時間・

* アスタリスクが付された機関はもはや存在しないか，あるいは，別の名称が与えられていることを表す。

	周波数諮問委員会
CCU	Consultative Committee for Units/Comité Consultatif des Unités ; 単位諮問委員会
CGPM	General Conference on Weights and Measures/Conférence Générale des Poids et Mesures ; 国際度量衡総会
CIE	International Commission on Illumination/Commission Internationale de l'Éclairage ; 国際照明委員会
CIPM	International Committee for Weights and Measures/ Comité International des Poids et Mesures ; 国際度量衡委員会
CODATA	Committee on Data for Science and Technology ; 科学技術データ 委員会
CR	<i>Comptes Rendus</i> of the Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM ; 国際度量衡総会報告
IAU	International Astronomical Union ; 国際天文学連合
ICRP	International Commission on Radiological Protection ; 国際放射線 防護委員会
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements ; 国際放射線単位測定委員会
IEC	International Electrotechnical Commission/Commission Électrotechnique Internationale ; 国際電気標準会議
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service ; 国際 地球回転観測事業
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
OIML	Organisation Internationale de Métrologie Légale ; 国際法定計量 機関
PV	<i>Procès-Verbaux</i> of the Comité International des Poids et Mesures, CIPM ; 国際度量衡委員会議事録
SUNAMCO	Commission for Symbols, Units, Nomenclature, Atomic Masses and Fundamental Constants, IUPAP ; 国際純粋・応用物理学連合 の記号, 単位, 用語, 原子質量及び基礎定数に関する委員会
WHO	World Health Organization ; 世界保健機関

2. 科学用語の略語

CGS	Three-dimensional coherent system of units based on the three mechanical units centimetre, gram and second ; 三つの力学系単 位, センチメートル, グラム及び秒に基づく一貫性のある三
-----	--

	元系単位系
EPT-76	Provisional Low Temperature Scale of 1976/Échelle provisoire de température de 1976 ; 1976 年 0.5K-30K 暫定温度目盛
IPTS-68	International Practical Temperature Scale of 1968 ; 1968 年国際実用温度目盛
ITS-90	International Temperature Scale of 1990 ; 1990 年国際温度目盛
MKS	System of units based on the three mechanical units metre, kilogram, and second ; 三つの力学系単位 , メートル , キログラム及び秒に基づく単位系
MKSA	Four-dimensional system of units based on the metre, kilogram, second, and the ampere ; メートル , キログラム , 秒及びアンペアに基づく四元系単位系
SI	International System of Units/Système International d'Unités ; 国際単位系
TAI	International Atomic Time/Temps Atomique International ; 国際原子時
TCG	Geocentric Coordinated Time/Temps-coordonnée Géocentrique ; 地心座標時
TT	Terrestrial Time ; 地球時
UTC	Coordinated Universal Time ; 協定世界時
VSMOW	Vienna Standard Mean Ocean Water ; ウィーン標準平均海水

索引

あ

アーク秒, 36
 アクティニズム, 18, 88
 アボガドロ定数, 26, 37
 暗所視, 72, 87
 アンペア (A), 14, 20, 23, 27, 56, 58, 59, 61, 63
 一貫性のある組立単位, 16, 21, 27-30, 82
 一般相対性理論, 17, 83
 インチ, 41
 ウェーバ, 19, 56, 63
 英国科学振興協会 (BAAS), 19
 エルグ, 41, 59
 エルステッド (Oe), 41
 沿革, 18-20
 オーム, 20, 23, 29, 42, 56, 58, 63, 75-76, 77, 81
 音の単位, 40-41, 47

か

海里, 36, 38
 ガウス, 19
 ガウス (G), 41
 科学技術データ委員会 (CODATA), 38, 82
 カタール (kat), 29, 81
 ガル (Gal), 41
 カロリー (cal), 59
 換算プランク定数, 37, 38
 カンデラ (cd), 14, 20, 26, 60, 61, 63, 68, 72
 ブージヌーベル, 69
 キビバイト (キロビット), 33
 基本単位, 13-14, 21-27, 59, 61, 63, 69, 71
 基本単位の定義, 21-27
 基本量, 13-16, 27
 吸収線量, 29-31, 71, 72, 75
 キュリー, 64
 協定世界時 (UTC), 71

キログラム (kg), 17, 19-20, 22, 27, 34, 56, 57, 60, 62, 66, 80
 キログラムの倍量及び分量, 16, 34, 65
 組立単位, 13, 15, 27-30
 組立量, 13, 15, 27-30
 クーロン (C), 29, 57, 59, 64
 クーロン則, 14
 グラド, 36
 グラム (g), 17, 20, 34, 59, 66
 グラム原子、グラム分子, 25
 グレイ (Gy), 29, 31, 71-72, 76
 計数にかかわる量, 31
 ケルビン (K), 14, 20, 24-25, 27, 67, 68
 原子単位, 37
 原子物理, 37
 原子量, 25
 光度, 14-15, 26-27, 56, 61, 63, 68, 72
 国際キログラム原器, 20, 22, 55, 56
 国際メートル原器, 20, 22, 55, 56, 62
 国際量体系, 14
 国際原子時 (TAI), 70, 71
 国際純正・応用化学連合 (IUPAC), 114-115; グリーンブック, 25, 45
 国際純正・応用物理学連合 (IUPAP), 114-115; レッドブック, 25, 45
 国際単位系 (SI), 14, 58, 60, 61, 62
 国際電気標準会議 60027 (IEC 60027), 14
 国際標準化機構 (ISO), 12, 14, 45
 国際標準化機構/国際電気標準会議 80000 (ISO/IEC 80000), 14
 国際標準化機構/第 12 専門委員会 (ISO/TC 12), 14, 74
 国際法定計量機関 (OIML), 18
 固有の名称と記号を持つ単位, 16, 28-32
 ゴン (gon), 36

さ

時 (h) , 34, 36, 60
シーベルト (Sv) , 29, 31, 72, 75, 83-84
ジオルジ, 20
時間, 19, 23
次元 1 の量, 15, 28, 31, 46-47
次元の記号, 15
磁気定数 (真空の透磁率) , 14, 24
磁束密度, 29, 63
自然単位, 37-38
質量, 14-15, 19, 22, 27, 34, 54-55, 61, 65, 79
質量と重さ, 50
実用単位系, 20, 57, 58, 59, 60
ジュール (J) , 16, 29, 30, 44, 57-58, 63
小数点, 12, 46, 85-86
ジョセフソン効果, 77
ジョセフソン定数 ($K_J, K_{J,90}$) , 77
真空中の光の速さ, 22, 38, 82
推奨される量の記号, 15, 44
水銀柱ミリメートル (mmHg) , 40
スチルブ (sb) , 41, 58
ステラジアン (sr) , 29, 32, 46, 62, 73, 79
ストークス (St) , 41
生物学的量, 17
生物学的量の単位, 17-18
世界保健機関 (WHO) , 18
セシウム原子の超微細分離, 23
絶対単位, 24
接頭語, 16, 28, 33, 36, 39-41, 42, 62, 65, 68, 71, 79
セルシウス温度, 24, 29, 46, 58
セルシウス度 ($^{\circ}\text{C}$) , 25, 29, 44, 46, 58, 59
線量当量, 73
測光量の単位, 55, 67, 87-88

た

ダイン, 41, 59
ダルトン (Da) , 37, 38
単位 (SI 単位) , 21-32

単位記号, 27, 42, 58
単位に対する法則, 18
単位の現示, 11, 21
単位の必須記号, 15, 27, 42-43
単位の名称, 43, 58
デシベル (dB) , 39-40, 48
テスラ (T) , 29, 63
電気素量, 37-38
電気単位, 57
電子質量, 37-38
電子ボルト (eV) , 37-38
電磁気量, 14, 41
電離放射線, 7, 18, 31, 76, 84
天文単位 (ua) , 37
電流, 14, 23, 27, 57, 61, 63
動粘度, 41
トムソン, 19
トン (t) , 36, 58

な

長さ, 14-15, 19, 22, 27, 55, 56, 60
ニュートン (N) , 24, 29, 56, 58, 62
熱容量, 30, 45
熱力学温度, 14-15, 24-25, 59, 61, 66-67, 85
熱力学温度目盛, 59
ネーパ (Np) , 39-40
粘度, 41, 59

は

倍量、～の接頭語, 16, 33-34, 62, 65, 68, 71, 78
薄明視, 72, 87
パーセント (%) , 47
ハートリーエネルギー、ハートリー, 37, 38
バール (bar) , 40, 60
バーン (b) , 40
パスカル (Pa) , 29, 43, 69
日 (d) , 34, 36
光化学的量, 18, 89-90
光化学的放射, 18, 89

光生物学的量, 18, 89-90
非 SI 単位, 35-41
比の対数, 40
標準重力加速度, 55
標準大気圧, 40, 59
秒 (s), 14, 20, 22-23, 27, 43, 58-59, 60-61, 65-66
ファラド (F), 29, 57, 59, 64
フォト, 41
フォン・クリツィング定数 (R_K , R_{K-90}), 21, 77-78, 80-81
不確かさ, 46
物質量, 14-15, 25-26, 70-71
フット, 41
分 (min), 36
分子量, 25-26
分量、～の接頭語, 16, 33-34, 62, 65, 68, 71, 78-79
ヘクタール (ha), 36
ベクレル (Bq), 29, 31, 64, 71
ベル (B), 40, 48
ヘルツ (Hz), 29, 59, 63
ヘンリー (H), 29, 57, 59, 64
ポアズ (P), 41, 58
ボーア半径、ボーア, 37-38
放射性核種の放射能, 29, 66
放射線治療, 18
補助単位, 62, 68, 73-74, 79
ホール効果 (量子ホール効果), 21, 76-79
ボルト (V), 29, 56, 58, 63, 76

ま

マイクロアーク秒 (μas), 34, 36
マクスウェル, 19
マクスウェル (Mx), 41
水、同位体組成, 24, 85
水の三重点, 24, 57, 59, 67, 85
ミリアーク秒 (mas), 34, 36
無次元量, 15, 28, 31, 47
明所視, 72, 87

メートル (m), 14, 19, 22, 43, 54, 55, 59, 60, 61, 74, 75
メートル系トン (t), 36, 58
メートル条約, 19-20
モル (mol), 14, 20, 25-26, 69, 70

や

ヤード, 42
有理化係数, 15

ら

ラジアン (rad), 29, 31, 46, 62, 73, 79
リットル (L または l), 36, 43, 55, 59, 64, 65, 73
量, 13
量、基本, 13, 14, 15, 27
量、組立, 13, 14, 15, 27-32
量の記号, 15, 43, 45-46
量の四則演算, 43-44
量の数値, 43-44
量の値, 43-44
量の値の書式, 46
臨床化学, 26, 81
ルーメン (lm), 29, 60, 64
ルーメン・ヌーボー, 57
ルクス (lx), 29, 60, 64

わ
ワット (W), 29, 56, 58, 62