

# デジタル社会に対応する 国際単位系構築に向けた活動

計測標準フォーラム第21回講演会

2023年10月24日

産業技術総合研究所計量標準総合センター物理計測標準研究部門

保坂一元

# デジタル SI 構築に向けた体制作り

## 新しい Task Group と Expert Group の設立 (2019年11月)

- 世界で広く賛同を得られる、統一的で明確、権威があり信頼され、現在のSIブローシャに基づいたデータ変換フレームワークの開発
- 機械判読可能なSIブローシャ作成に向けた適切な活動を提案すること
- 適したリエゾンを調査・登用し、すべての利害関係者とともに労力を調整すること

### CIPM Task Group on the Digital SI

#### メンバー:

- J. Ullrich (CIPM member)
- I. Castelazo (CIPM member)
- Y. Duan (CIPM member)
- H. Laiz (CIPM member)
- T. Liew (CIPM member)
- M. J. T. Milton (BIPM Director)
- J. K. Olthoff (CIPM Vice-President)
- M. Sené (CIPM member)
- A. Steele (CIPM member)

### CIPM Expert Group on the Digital SI

#### メンバー:

- S. J. Chalk (UNF, US)
- D. N. Coppa (INTI, Argentina)
- F. Flamenco (CENAM, Mexico)
- A. Forbes (NPL, UK)
- B. Hall (MSL, New Zealand)
- R. J. Hanisch (NIST, US)
- A. Henson (BIPM)
- K. Hosaka (NMIJ, Japan)
- D. Hutzschenreuter (PTB, Germany)
- J. S. Park (KRISS, Korea)
- S. Picard (BIPM)
- J. Ullrich (PTB, Germany)

# メトロロジーの観点から見たFAIR 原則



**F**indable  
見つけられる



**A**ccessible  
アクセスできる



**I**nteroperable  
相互運用できる



**R**eusable  
再利用できる

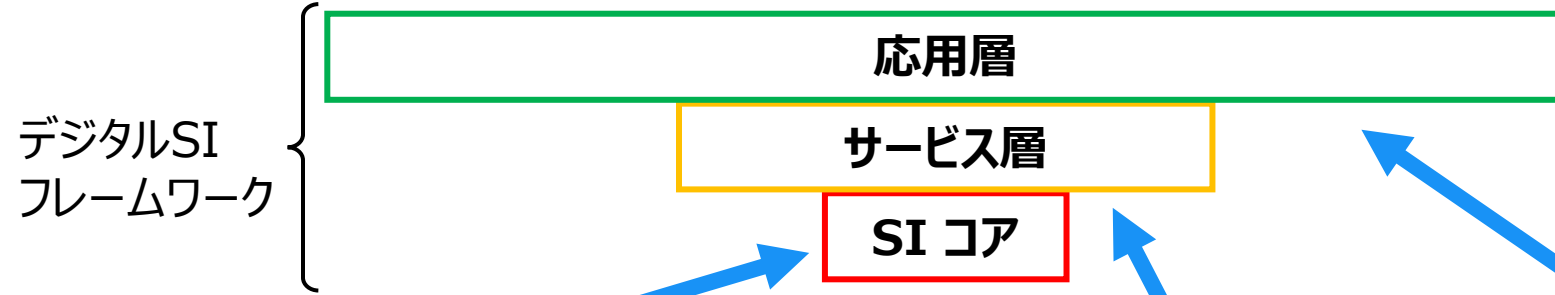
- FAIR原則は、簡潔でありながら、**領域や分野に依存せず**広範囲に応用可能となるオープンデータの**適切な公開方法**と考えられる。
- そのため、FAIR原則を**修正や拡大することなく**、そのままメトロロジーコミュニティのデジタル化にも応用可能である。
- FAIR原則は機械解釈可能な**メトロロジーのデータやサービスの伝達手段**としての役割を担う。
- FIAR原則がメトロロジーコミュニティにおいても**データマネージメントの大原則**となると考えられる。
- メトロロジーに対してFAIR原則を導入しても、**メトロロジー固有の基本概念や重要な考え方には影響を与えない**。

難易度を文字の大きさと表すと

FAIR

Interoperability(相互運用性)  
が最も重要

# デジタル社会で持続可能なデジタルSIフレームワークの構築

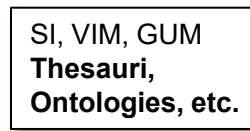
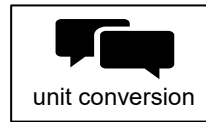
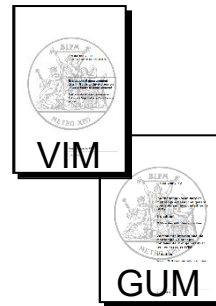
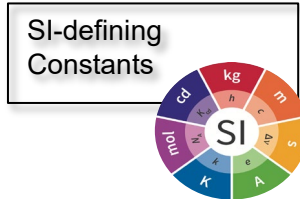
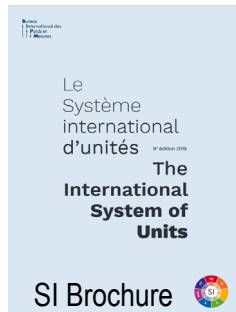


値、単位、量、不確かさ...

データ、サービス、ツール...

産業界、学術分野等への応用

## FAIR原則 (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)



# オンラインワークショップの開催

## The International System of Units (SI) in FAIR digital data (Feb. 2021)

Chair: Prof. Joachim Ullrich (PTB), Chair of CIPM-TG-DSI; CCU President

600 Participants

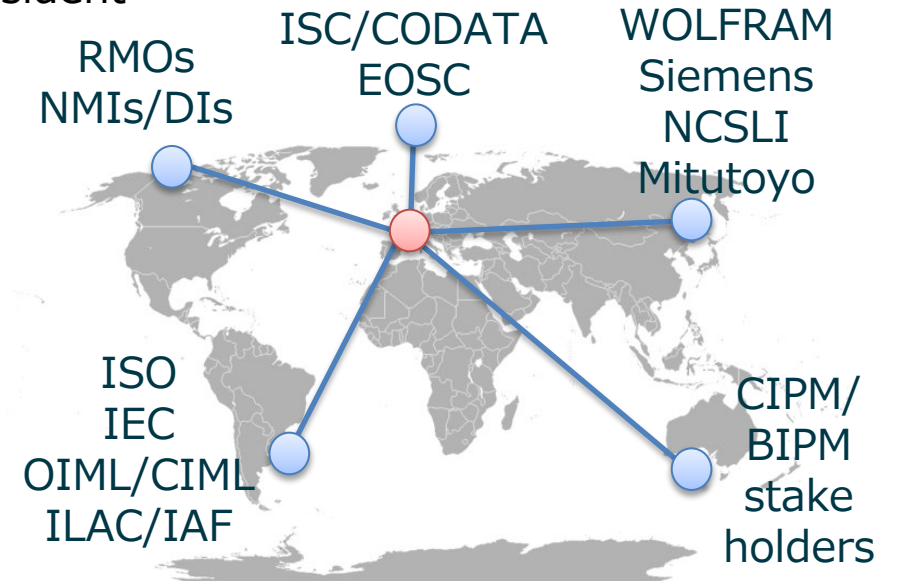
33 Talks

The International System of Units in FAIR digital data

22. – 26. February 2021

The International System of Units (SI) in FAIR digital data.

Prof. Dr. Joachim Ullrich  
CIPM Vice President  
CCU and TG "Digital SI" Chair  
22 February 2021



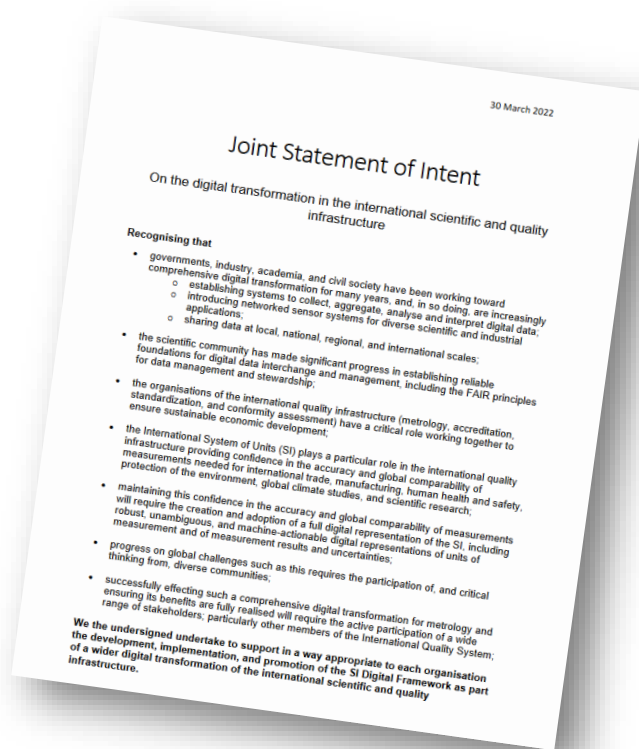
### 主な意見など

- デジタル化推進のためには**国際組織間で共通の言語**が必要
- 機械判読可能な**デジタル校正証明書**の開発の要望が大きい
- SIデジタルフレームワークは**基本的な思想・概念**を提供すべき
- 単位や量の記述・表現では**既存のサービス**を利用
- **慣習となっている単位との相互運用性**の問題を解決する必要がある
- **FAIR原則**の適用

# 共同声明の作成と締結

## 科学と品質管理のためのデジタルトランスフォーメーションに関する共同声明の作成と締結

CIPM  
 ISC  
 CODATA  
 IMEKO  
 OIML  
 ISO  
 CIE  
 IEC  
 ILAC  
 ...



# 機械判読可能な計量単位の統一コードの例

**UCUM:** The **U**nified **C**ode for **U**nits of **M**easurement

分野：医療、薬

提供：Regenstrief Institute/National Library of Medicine

**QUDT:** **Q**uantities, **U**nits, **D**imensions and **T**ypes

分野：工学

提供：NASA, TopQuadrant / QUDT.org (NPO)

**OM:** **O**ntology of units of **M**easure

分野：科学一般

提供：Wageningen UR, food & biobased research

**SWEET:** **S**emantic **W**eb for **E**arth and **E**nvironmental **T**erminology

分野：地球科学、環境科学

提供：Federation of Earth Science Information Partners

**NVS:** **N**atural Environment Research Council(NERC) **V**ocabulary **S**ervice

分野：海洋学

提供：British Oceanographic Data Centre (BODC)

**UO:** **U**nits of Measurement **O**ntology

分野：バイオ医療、生命科学

提供：The Open Biological and Biomedical Ontology (OBO) Foundry

# SIに準拠した機械判読可能な計量単位コードを目指して

## 現在の状況

- すでにいくつかのコミュニティで**独自のコード**が構築されている
- それぞれ**歴史的背景**があり、**異なる視点**で設計されている
- 専門分野に特化して**独自に発展**の傾向
- ただし、存在をあまり**知られていない**

量や単位のデジタル表記を定めたコードは**既に存在し利用されている**。  
しかしながら、**メトロロジーの観点**から見て**十分とは言えない**。

## 計量コミュニティが考える事

- **国際単位系**に基づいたシステムが望ましい。
- 国際単位系において、なお**議論の余地のある問題**を最終的に解決する必要がある。
- **単位変換**や**量の表現**のために十分な情報を持った表記方法を提案する必要がある。
- **不確かさ**や**計量トレーサビリティ**といった重要な概念を表記しやすいスキームを構築する必要がある。



# 機械判読可能

機械判読可能 → 「コンピューターが**データ**の意味を解読できる」

## Web情報に求められること



- 人間しか解読できないテキストをコンピューターが処理できる**構造化データ**にする
- Webサーバーに閉じていたデータベースを**オープンなデータ**にする

## オントロジーの基本的な役割

**語彙**：使用する用語とそれらの意味を定義する

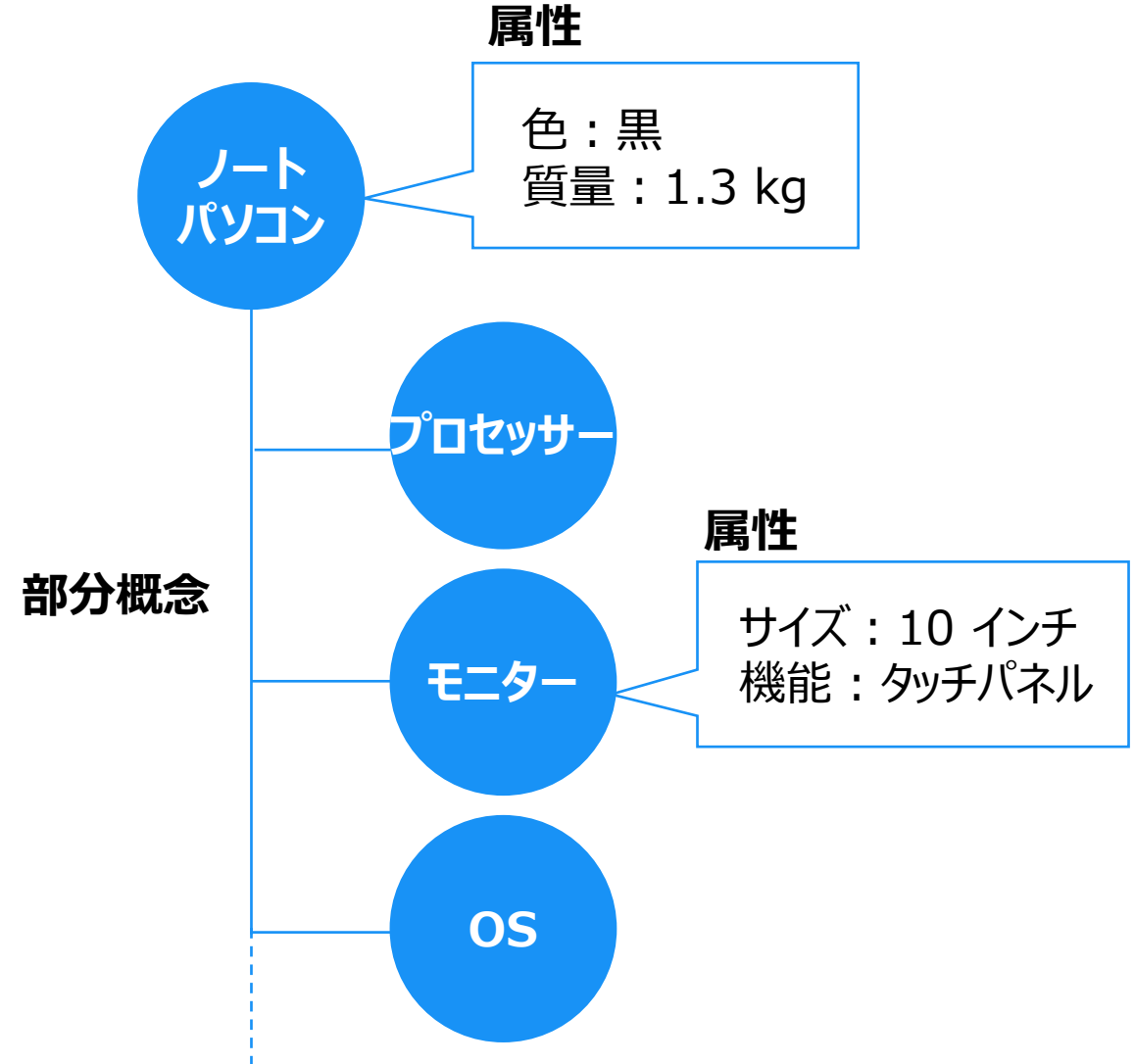
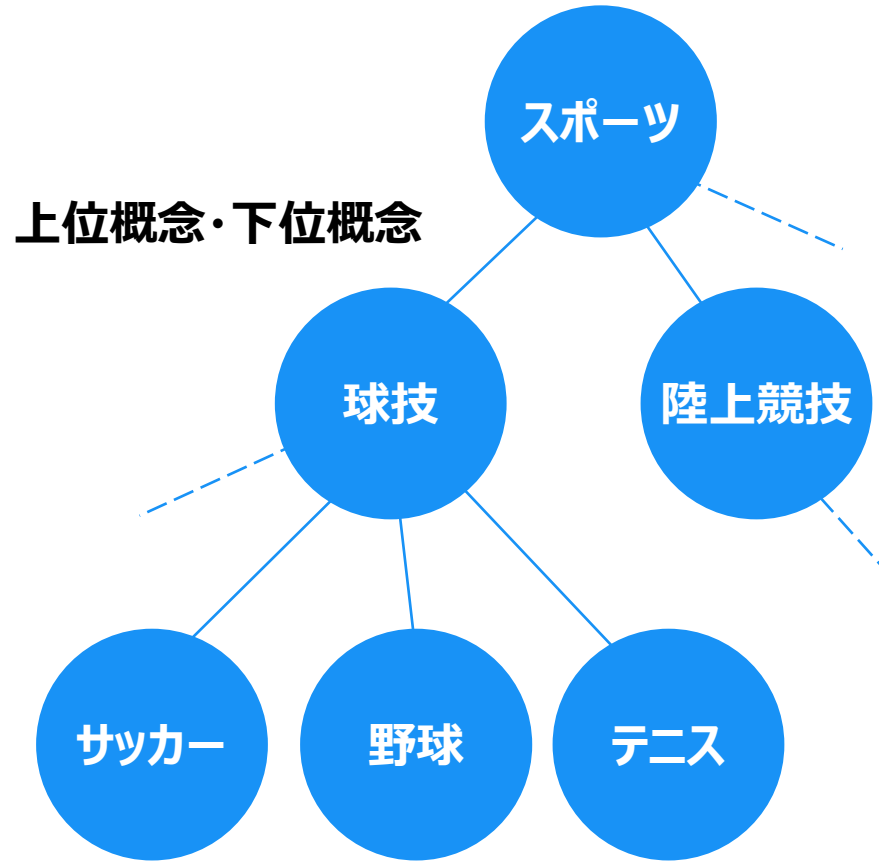
**規約**：知識やデータを記述するルールを統一する



データの意味を明確にすることで**相互運用性**を高める

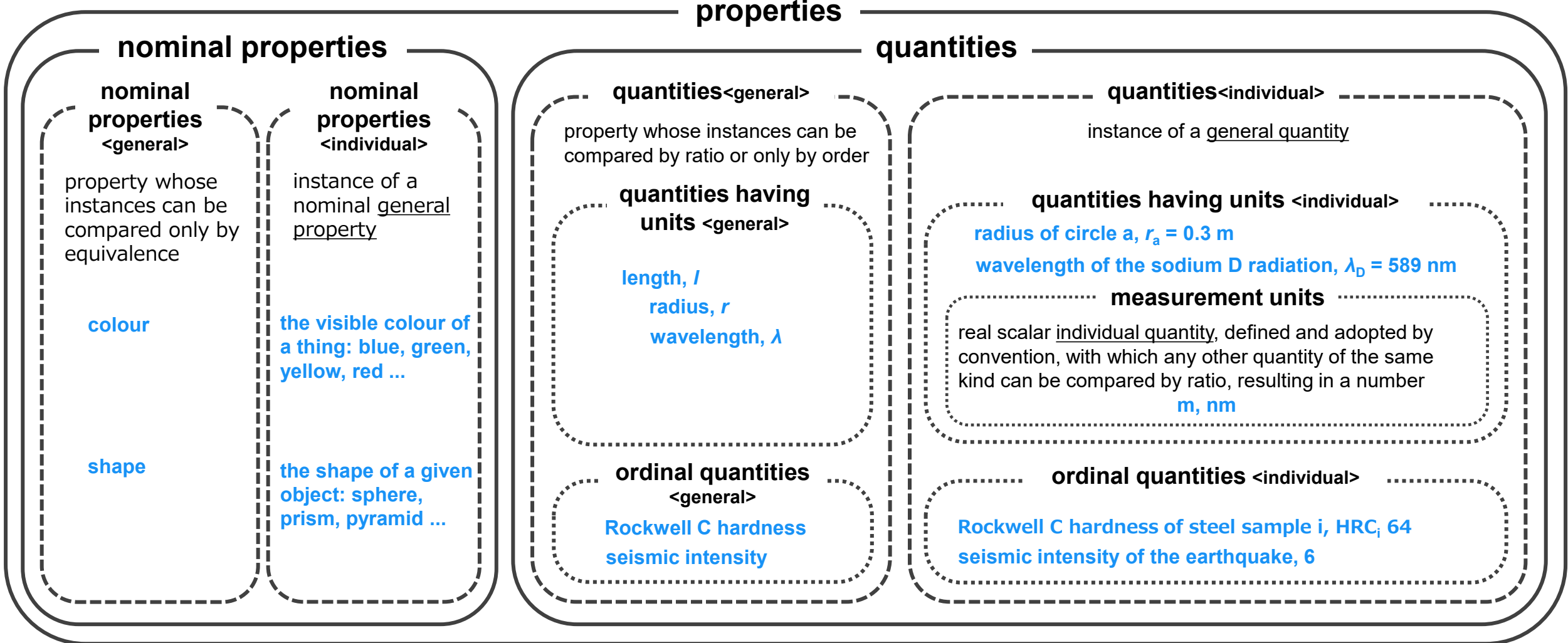
# オントロジーの概念定義の例

対象世界を説明するために必要な「概念」  
概念間の「関係」

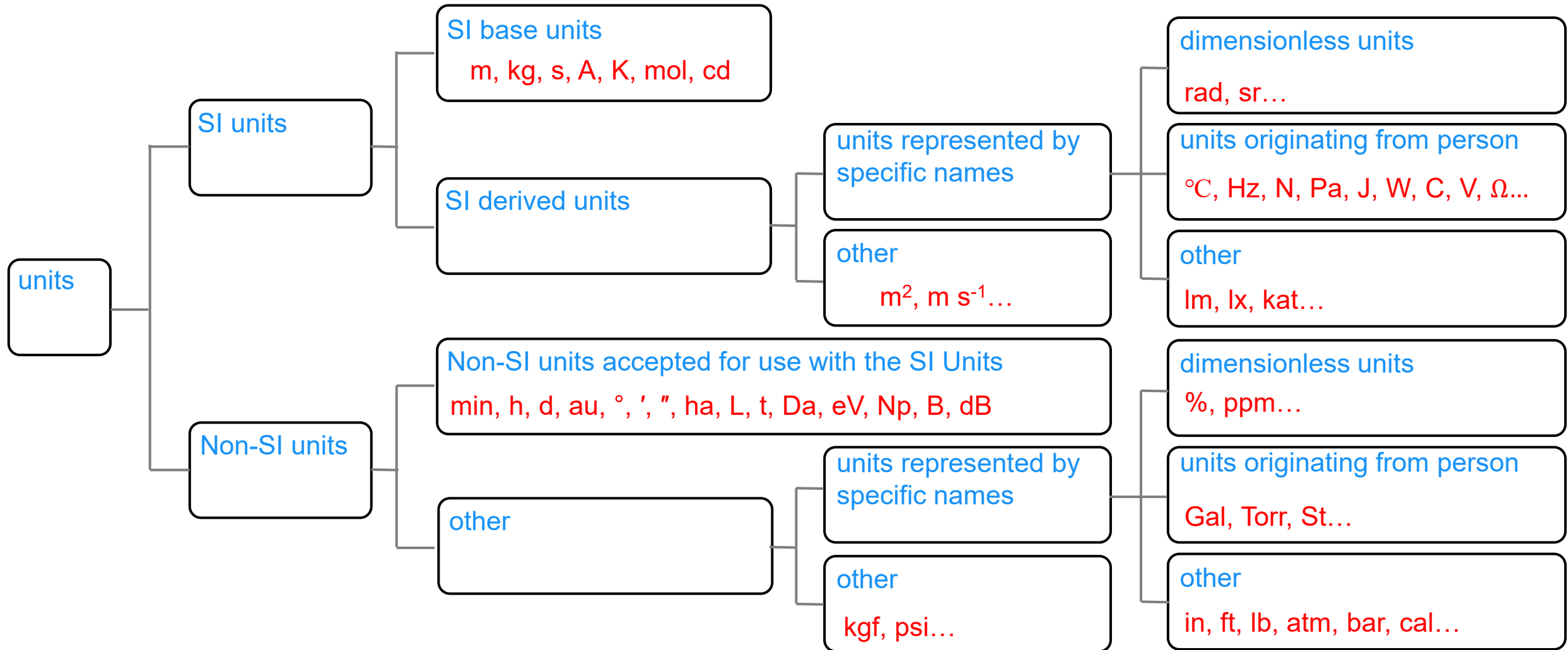


# VIM4で議論されている用語の定義に関する考え方

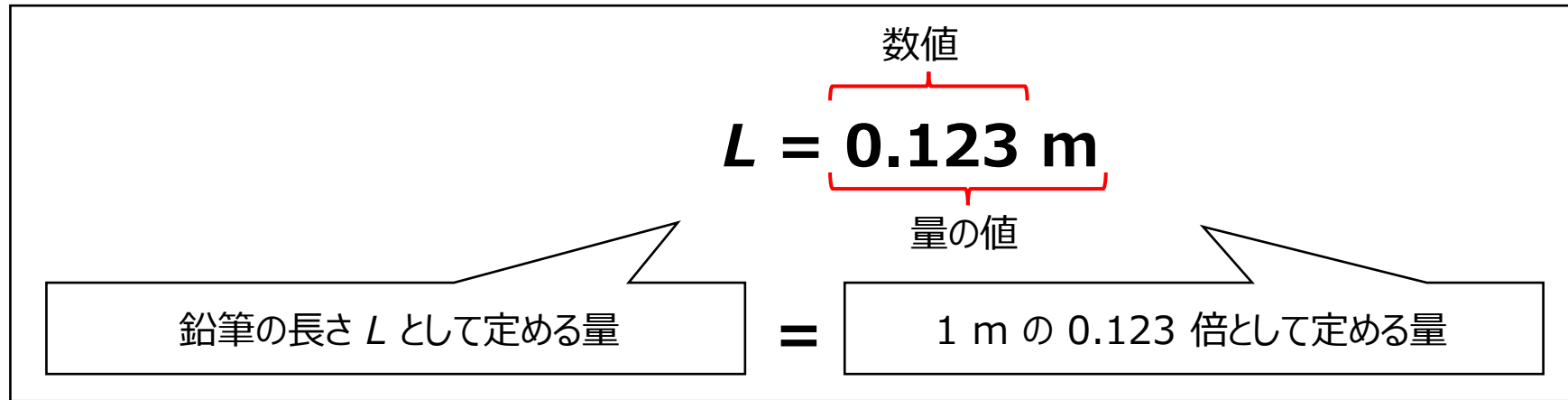
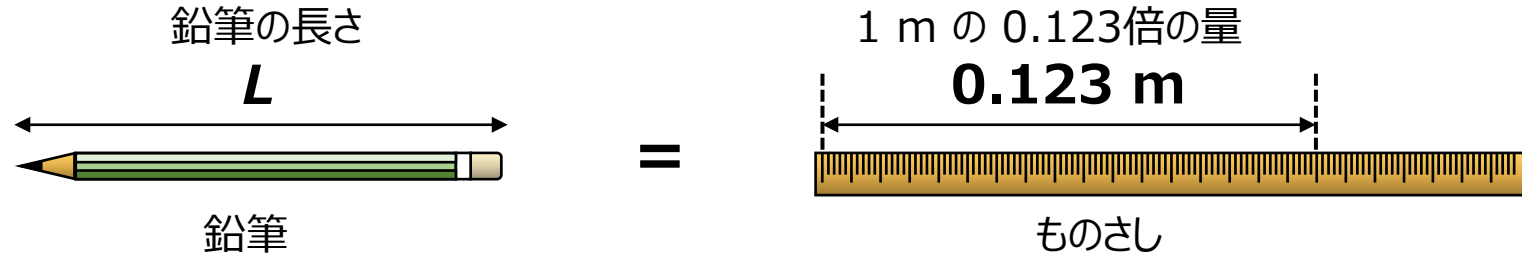
## Basic Concepts for basic terms



# 様々な計量単位の分類



# 基本的な用語の定義と表現方法



量、単位、値、不確かさ...



CCU WG CMT

- これまで用いてきた基本的な用語の定義は将来的にも利用可能か？
- その用語の定義はプログラミングにおいて有用か？
- その用語の定義を用いて機械が理解・判断できるか？

# 量の記述と計量単位

## Maxwellの表記法

Every expression of a **Quantity** consists of **two factors or components**. One of these is the name of a certain known quantity of the same kind as the quantity to be expressed, which is taken as **a standard of reference**. The other component is the **number** of times the standard is taken in order to make up the required quantity. The standard is technically called the **Unit**, and the number is called the **Numerical Value** of the quantity.

*Treatise on Electricity and Magnetism (Maxwell, 1873)*

$$Q = \{Q\}[Q]$$

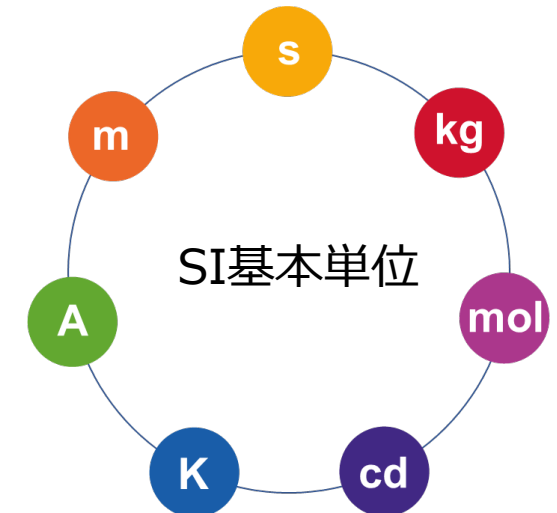
↑                    ↑  
 数値                基準 (計量単位)

トルク	}	$m^2 \text{ kg s}^{-2}$
エネルギー		
熱容量	}	$m^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$
エントロピー		
平面角	}	(無次元)
カウント		

異なる「量」が、同じ「単位」を持つ

↓

「数値」と「単位」のみの記述では、  
 どの「量」を表現しているかが不明



# 尺度と計量単位の換算

## 計量単位の変換

### 比例尺度 (ratio scales)

$$x' = cx$$

↑  
換算係数



(例) メートルとインチの変換

$$L/m = 0.0254(L/in)$$

数値の差のみならずその比にも意味があり、原点が共有

### 間隔尺度 (interval scales)

$$x' = ax + b$$



(例) ファーレンハイト度とセルシウス度の変換

$$T/^{\circ}F = (T/^{\circ}C)(9/5) + 32$$

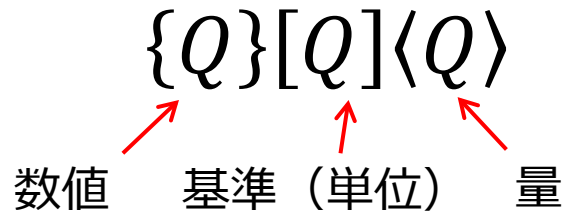
原点も単位の大きさも異なり間隔尺度同士の乗除は意味をなさない

## 尺度と単位換算の関係

尺度	単位換算の関係	数式	例
比例尺度	換算係数	$x' = cx$	長さ、質量
間隔尺度	一次関数	$x' = ax + b$	ファーレンハイト度、セルシウス度
順序尺度	その他の関数など	$x' = f(x)$	ITS-90、ロックウェル硬さ、震度

# 量の記述と計量単位

## 新しい表記法の例



尺度 scale

単位 unit

量 quantity

- $\{Q\}$  [Ratio, degree Celsius]  $\langle$ TemperatureDifference $\rangle$
- $\{Q\}$  [interval, degree Celsius]  $\langle$ Temperature $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, kelvin]  $\langle$ Temperature $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, radian]  $\langle$ Temperature $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, metre-per-metre]  $\langle$ Angle $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, newton-metre]  $\langle$ Torque $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, kilogram-metre-squared-per-second-squared]  $\langle$ Torque $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, kilogram-metre-squared-per-second-squared]  $\langle$ Energy $\rangle$
- $\{Q\}$  [Ratio, percent]  $\langle$ Relative-humidity $\rangle$

「量」を明確に記述することで混乱をなくすことが出来る。  
 「尺度」を明記することで単位の変換で間違いがなくなる。



# デジタルSIフレームワーク作成のために

- 既存の表記システム間の**相互運用性**を高める事、将来的に最も**効率の良い単位の表現方法**を構築する事、に注力することが望ましい。
- 計測データを含むデジタル文書では、そこで用いられた**表記システムを明記**する必要がある。そうすることで、さまざまな要望に従い、自在に**単位表記の変換**が可能になる。
- 科学や計量のデータの相互運用サービスは、**異なる表記システム**で記述されたデータを変換することを念頭において開発されるべきである。
- 計量コミュニティがある**特定の（唯一の）表記システム**を用いなくてはならないと考える必要はない。