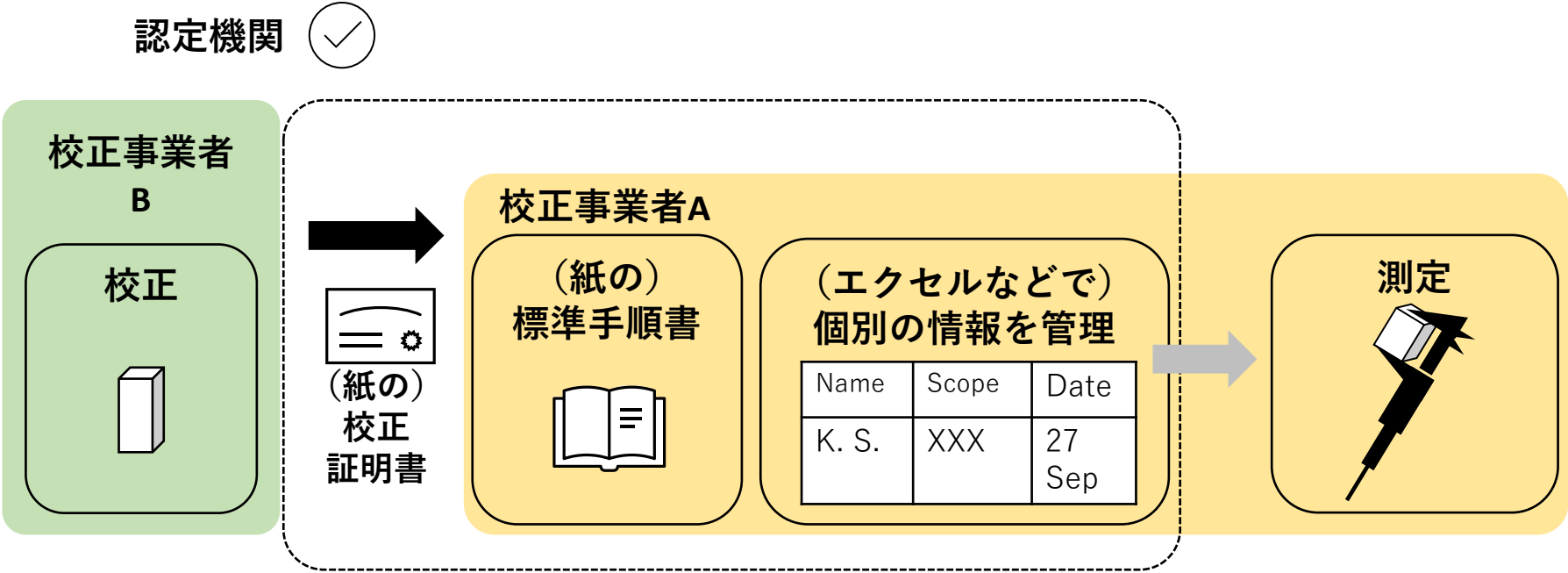


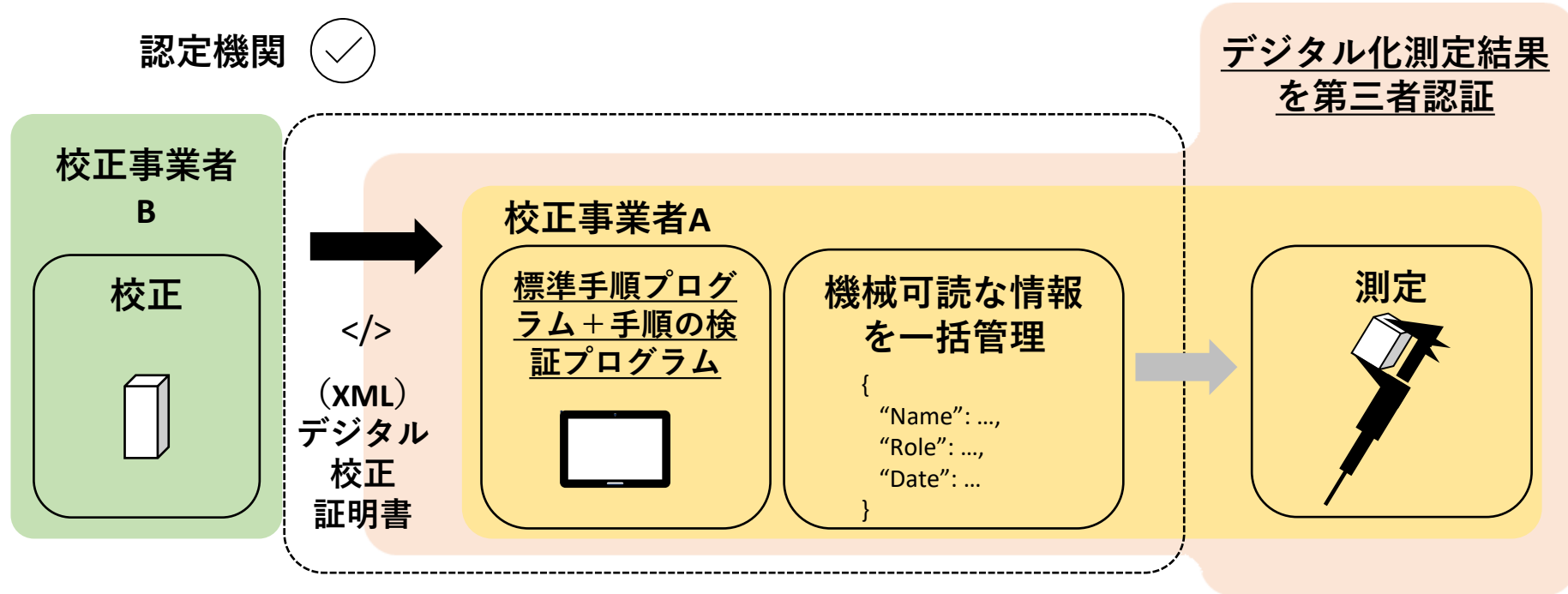
デジタル化試験・校正 データ認証の研究

産業技術総合研究所
工学計測標準研究部門
データサイエンス研究グループ
城野克広
k.shirono@aist.go.jp

現状の校正



デジタル化した校正とデータ認証



デジタル化技術によりデータの認証を提案

内容

- i. SI単位のデジタル表現についての開発動向
- ii. ドイツ物理工学研究所（PTB）を中心とするデジタル校正証明書（Digital Calibration Certificate, DCC）の開発について
- iii. 弊所で開発しているデータ認証システムについて

SI単位のデジタル表現について の開発動向

デジタルSIの表記について

- EURAMET（欧州の国家計量標準機関の地域計量組織）のプロジェクトとして実施されたSmartComの成果として、SI単位のデジタル表現の標準的な方法が開発された。
- 主導しているのは、PTB（Physikalisch-Technische Bundesanstalt、ドイツ物理工学研究所）であり、<https://gitlab1.ptb.de/d-ptb/d-si> にて、最新の仕様を公表している。
- 公式な文書として <https://zenodo.org/records/3816686> が公開されている。（ただし、Version 1.3に対応。現在Version 2.2.0が最新）

基本的な表現

- Digital System of Unitsの例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<root xmlns:si="https://ptb.de/si">
  <si:real>
    <si:label>temperature</si:label>
    <si:value>20.1</si:value>
    <si:unit>¥degreecelsius</si:unit>
    <si:expandedUnc>
      <si:uncertainty>0.5</si:uncertainty>
      <si:coverageFactor>2</si:coverageFactor>
      <si:coverageProbability>0.95</si:coverageProbability>
      <si:distribution>normal</si:distribution>
    </si:expandedUnc>
  </si:real>
</root>
```

XMLの基礎

- XMLという形式で書かれている。
- XMLの構文は以下のような使い方をする。

```
<name>
```

```
  <familyName>Shirono</familyName>
```

```
  <givenName>Katsuhiko</givenName>
```

```
</name>
```

- これを一般的なプログラムで変数xとして読みこむと、以下のようになる。

```
x.name.givenName = "Katsuhiko"
```

[例えばPowershellで \$x = [xml](Get-Content *.xml)] (*はファイル名)

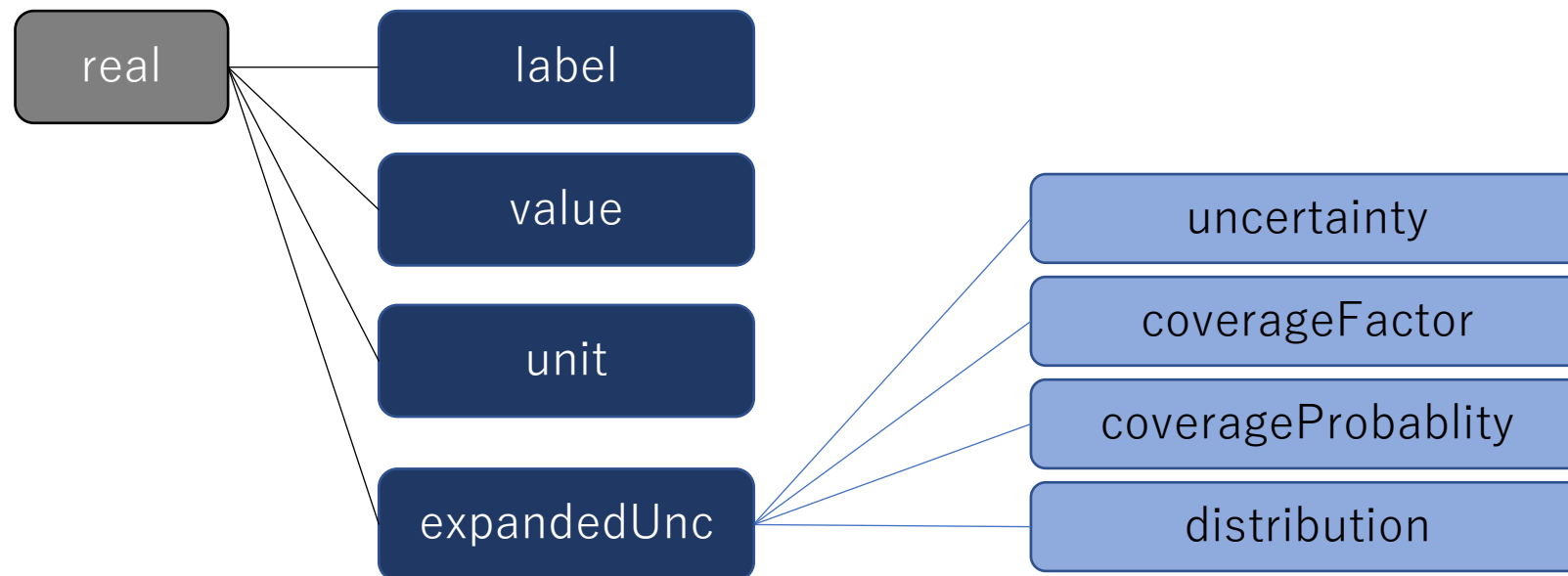
XMLの基礎（名前空間）

- D-SIの体系では、それぞれの<…>の中では先頭に“si:”とついている。これは名前空間と呼び、その変数がどこで定義されているものかを説明するもの。
- xml形式のデータの先頭に以下のようにWeb上のどこにこの変数の意味が説明されているかを書いておくのが一般的。

```
xmlns:si="https://ptb.de/si"
```

SmartComのDigital System of Units

- 実数の場合は<si:real>…</si:real>で挟む。（他にも、複素数やベクトル量を扱うことができる。）以下のような構造で拡張不確かさ付きの値を報告する。標準不確かさのみを報告することも最新版（2.2版）ではOK。



SmartComの単位の表現

- “<si:unit>…</si:unit>”で単位を表現する。例えば、単位mを表すときは以下の通り

<si:unit>¥metre</si:unit>

- SI接頭語も付けることが可能で、例えば、単位kmを表すときには、構文で単位を書く。

<si:unit>¥kilo¥metre</si:unit>

- 上の単位の書き方は、基本的にはLatexの**siunitx**というライブラリで使用されている方法に基づいている。
- 乗数は¥tothe{.}という書き方で示す。例えば、単位m²を表すときには以下の通り。

<si:unit>¥metre¥tothe{2}</si:unit>

SmartComの単位の表現

- 機械可読性によって、5つのクラス（Platinum、Gold、Silver、Bronze、Improvable）がある。

- **Platinum**

Version 1.3 – Second Editionでの分類

SI基本単位	¥metre、¥kilogram(→ ¥kilo¥gramではない)、 ¥second、¥ampere、¥kelvin、¥mol、¥candela
日時分	¥day、¥hour、¥minute
角度（度分秒）	¥degree、¥arcminute、¥arcsecond
無次元	¥one

SmartComの単位の表現

• Gold

Version 1.3 – Second Editionでの分類

g, rad, sr, Hz, N, Pa, J, W, C, V, F, Ω , S, Wb, T, H, $^{\circ}\text{C}$, lm, lx, Bq, Sv, Gy, kat	¥gram, ¥radian, ¥steradian, ¥hertz, ¥newton, ¥pascal, ¥joule, ¥watt, ¥coulomb, ¥volt, ¥farad, ¥ohm, ¥siemens, ¥weber, ¥tesla, ¥henry, ¥degreecelsius, ¥lumen, ¥lux, ¥becquerel, ¥sievert, ¥gray ¥katal
SI接頭語	¥deca, ¥hecto, ¥kilo, ¥mega, ¥giga, ¥tera, ¥peta, ¥exa, ¥zetta, ¥yotta, ¥deci, ¥centi, ¥milli, ¥micro, ¥nano, ¥pico, ¥femto, ¥atto, ¥zepto, ¥yocto.

SmartComの単位の表現

• Silver

Version 1.3 – Second Editionでの分類

ha, l, t, eV, Da, au, Np, B, dB	¥hectare, ¥litre, ¥tonne, ¥electronvolt, ¥dalton, ¥astronomicalunit, ¥neper, ¥bel, ¥decibel.
------------------------------------	---

• Bronze

- その他にSI（第8版）で認められている非SI単位。

- 2.2版では、Goldに%（¥percent）、ppm（¥ppm）を追加。
- 2.2版では、GoldのSIの改訂に伴う接頭語を追加。
- 2.2版では、単位の除算を意味する¥perを導入（使えるのは1回だけ）

最新版については <https://gitlab1.ptb.de/d-ptb/d-si/xsd-d-si/-/blob/master/wiki/doc/D-SI-2.2.0-2023-11-30-changes.pdf>

まとめ、その他

- 欧州計量組織を中心として開発しているSI単位のデジタル表現であるSmartComプロジェクトについて報告した。
- 実際には、単位を含めて機械可読にする提案はこれ以外にもたくさんある。例えば…
 - UCUM: The Unified Code for Units of Measurement
 - QUDT: Quantities, Units, Dimensions and Types
- これらの中で唯一のものを決定しようとする動きは国際度量衡局の中では公式にはない。これらの中での可換性をどのように確保していくかが大きな課題。実際にどれほど使われるものになるかは分からない。

ドイツ物理工学研究所（PTB）を
中心とするデジタル校正証明書
（Digital Calibration Certificate,
DCC）の開発について

PTBを中心とするDCCの開発について

- PTB（Physikalisch-Technische Bundesanstalt、ドイツ物理工学研究所）を中心の開発を行っているグローバル標準としてのデジタル校正証明書について。詳細は <https://www.ptb.de/dcc/> をご覧ください。
- 2回のメジャーバージョンアップがあり、今はVersion 3。
- XMLを基本的なデータフォーマットとしている。
- 測定値の表現にはSMARTCOMプロジェクトの成果を活用している。

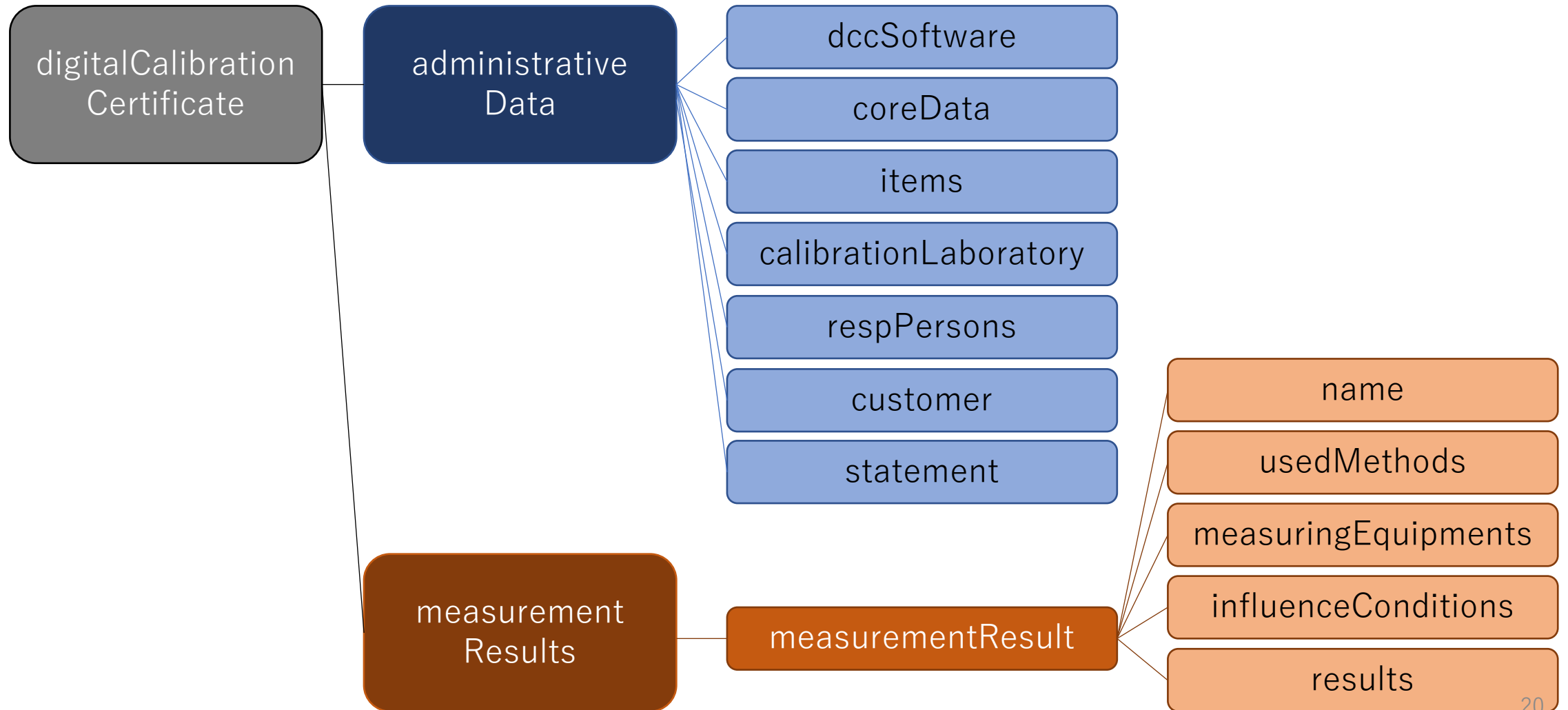
PTBを中心とするDCCの開発について

- PTB（Physikalisch-Technische Bundesanstalt、ドイツ物理工学研究所）を中心にデジタル校正証明書を開発を行っている。
- 現在のところ公開されているのは、グッドプラクティスして、温度計・湿度計の校正証明書のみ。
 - https://dccwiki.ptb.de/en/gp_homePTBで開発した温度計のデジタル校正証明書（簡易版）の中身についてお話す。（簡易版以外にも、いくつかのバージョンがある。）
 - https://dccwiki.ptb.de/goodpractice/temperature/dcc_gp_temperature_simplified_v12.xml

xmlの基礎（アトリビュート）

- タグの中に<[名前空間]:[変数名] ***="***">となっている場合がある。（***は文字列。）これは、同じデータ構造だが、中身の意味が微妙に異なるものを区別するためのもの。アトリビュートと呼ばれる。
- 例えば、「lang="jp"」のようなアトリビュートを付けて、中身が日本語であることを示すというような応用が考えられる。

基本構成



管理データ：administrativeData

- **dccSoftware** 作成ソフトウェアの情報（具体的にはNotePad、Visual Studio Codeなど）
- **coreData** 注文番号、日付、校正場所など
- **items** 「温度計」、アイテムの製造業者でのシリアル番号など
- **calibrationLaboratory** 校正事業者名、連絡先
- **respPersons** 校正者の氏名
- **customer** 顧客名、連絡先
- **statement** 適合性評価の結果、有効期限

Statements (statement (単数形) のリストとして与えらえる)

```
<dcc:statement refType="basic_conformity">
```

```
  <dcc:declaration>
```

```
    <dcc:content lang="de">Die Konformitätsaussage erfolgt anhand der Vorgaben  
des Kunden. Sie sind im DCC mit aufgeführt.</dcc:content>
```

```
    <dcc:content lang="en">The conformity statement is made on the basis of the  
customer's specifications. They are listed in the DCC.</dcc:content>
```

```
  </dcc:declaration>
```

```
  <dcc:respAuthority>
```

```
    <dcc:name>
```

```
      <dcc:content>Kunde GmbH</dcc:content>
```

```
    </dcc:name>
```

```
    <dcc:eMail>info@kunde.xx</dcc:eMail>
```

```
    <dcc:location> ... </dcc:location>
```

```
  </dcc:respAuthority>
```

```
  <dcc:conformity>pass</dcc:conformity>
```

```
</dcc:statement>
```

アトリビュートとして、langを付けることで、多言語に対応したフォーマットになっている

必要に応じて、適合性評価の結果を表示させることを考慮している。

測定データ：measurementResult

- **name** 名称（例ではcontentというエレメントに“measurement results”と記載がある。）
- **usedMethods** 使用された測定方法（例ではcontentというエレメントに“Calibration of temperature sensors”と記載がある。これで、ドイツ規格DKD-R_5-1※に準拠していることになることのようなのである。）
- **measuringEquipments** 測定装置の情報（白金抵抗温度計）
- **influenceConditions** 温度環境情報（293 K -299K）、湿度環境情報（相対湿度 0.2 – 0.7）
- **results** 測定結果（後ほど構成を説明）

※

https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/dienstleistungen/dkd/archiv/Publikationen/Richtlinien/DKD-R_5-1_2018-09.pdf （ドイツ語）

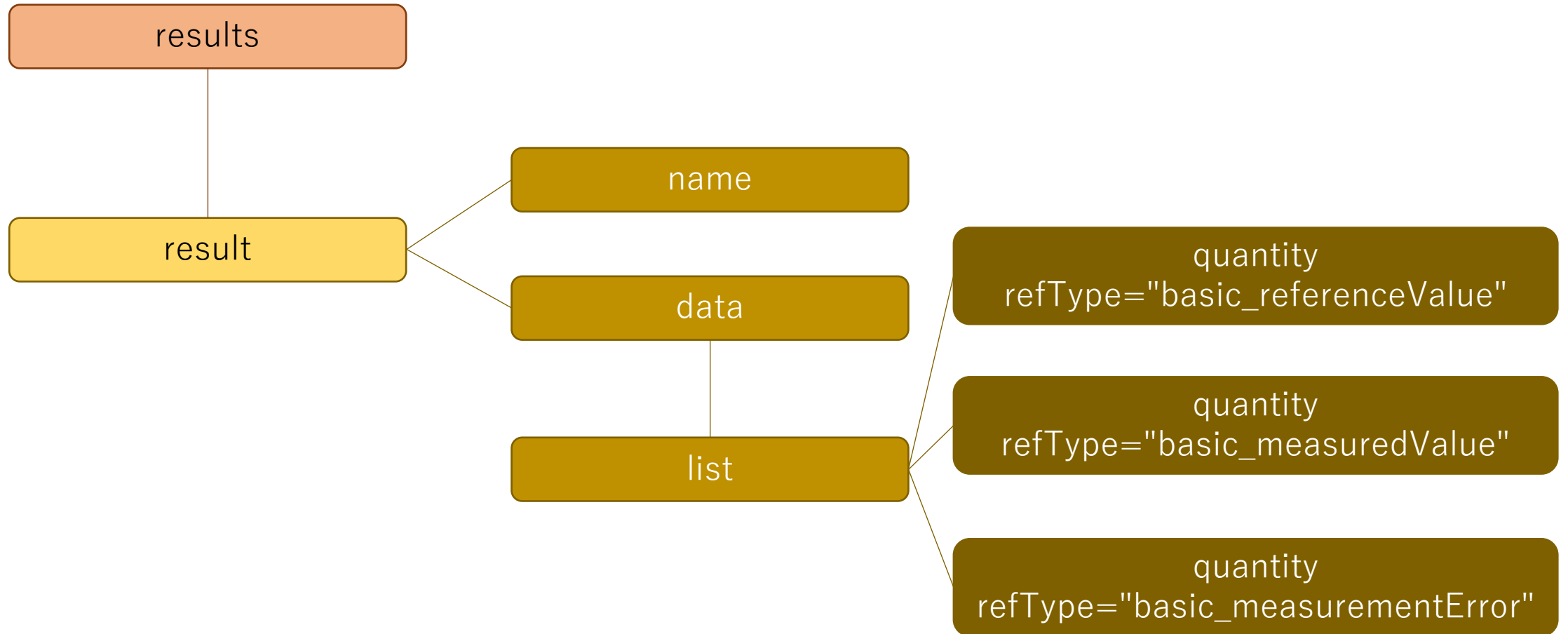
measuringEquipments (measuringEquipment (単数形) のリストとして与えられる)

```
<dcc:measuringEquipment refType="basic_normalUsed">
  <dcc:name>
    <dcc:content lang="de">Pt 100 Widerstandsthermometer</dcc:content>
    <dcc:content lang="en">Pt 100 thermometer</dcc:content>
  </dcc:name>
  <dcc:identifications>
    <dcc:identification>
      <dcc:issuer>manufacturer</dcc:issuer>
      <dcc:value>string-manufacturer-measuringEquipment-1</dcc:value>
    </dcc:identification>
  </dcc:identifications>
</dcc:measuringEquipment>
```

白金抵抗温度計

白金抵抗温度計の製造業者での番号

測定結果データの構成



測定データ：result

- **name** 名称（例ではcontentというエレメントに“measuring results”と記載がある。）
- **data.list.quantity** アトリビュートrefTypeで以下の値を指定し、入力する。
 - ✓ **basic_referenceValue** 参照値（標準の値）
 - ✓ **basic_measuredValue** 測定値
 - ✓ **basic_measurementError** 測定値と参照値の差

quantity refType=basic_measurementError(1/2)

```
<dcc:quantity refType="basic_measurementError">
  <dcc:name>...</dcc:name>
  <si:realListXMLList> ← ベクトル量の場合はrealListXMLListとする
    <si:valueXMLList>0.072 0.089 0.107 -0.009 -0.084</si:valueXMLList>
    <si:unitXMLList>¥kelvin</si:unitXMLList>
    <si:expandedUncXMLList> ↓ 拡張不確かさ (単位は測定値と同じ)
      <si:uncertaintyXMLList>0.061</si:uncertaintyXMLList>
      <si:coverageFactorXMLList>2</si:coverageFactorXMLList> ← 包含係数
      <si:coverageProbabilityXMLList>
        0.95 ← 信頼の水準
      </si:coverageProbabilityXMLList>
      <si:distributionXMLList>normal</si:distributionXMLList> ← 分布 (任意)
    </si:expandedUncXMLList>
  </si:realListXMLList>
```

quantity refType=basic_measurementError(2/2)

```
<dcc:measurementMetaData>
  <dcc:metaData refType="basic_conformity">
    <dcc:declaration><dcc:name>
      <dcc:content lang="de">Konformität</dcc:content>
      <dcc:content lang="en">Conformity</dcc:content>
    </dcc:name></dcc:declaration>
    <dcc:conformityXMLList>pass</dcc:conformityXMLList>
    <dcc:data>
      <dcc:quantity refType="basic_acceptanceLimitLower">...</dcc:quantity>
      <dcc:quantity refType="basic_acceptanceLimitUpper">...</dcc:quantity>
    </dcc:data>
  </dcc:metaData>
</dcc:measurementMetaData>
</dcc:quantity>
```

必要に応じて適合性評価の情報を載せることができる。

まとめ、その他

- 欧州で開発が進むXML形式のデジタル校正証明書（DCC）について説明した。
- ドイツの国家プロジェクトであるGEMIMEG-IIを通して、DCCを中心とした様々な開発が進行している。
- 校正の条件をデジタル化したDigital Calibration Request (DCR)、DCCに含まれないような情報をデジタル化したDigital Calibration Answer (DCA) の開発も行われている。
- 校正ではなく試験の結果のデジタル化や認証標準物質の認証書のデジタル化の提案も同じフレームワークで進められている。
- 参考：<https://doi.org/10.1088/1361-6501/ace468>

弊所で開発している『データ 認証』システムについて

31ページから36ページは事前配布なし。

まとめ、その他

- 欧州計量組織を中心として開発しているSI単位のデジタル表現であるSmartComプロジェクトについて報告した。
- 欧州で開発が進むXML形式のデジタル校正証明書（DCC）について説明した。
- 弊所で開発しているデータ認証システムについて解説した。
 - さらなる詳細は以下の解説記事を参照
<https://doi.org/10.11499/sicejl.62.411>