

機密性***情報 関係者限り
公開・無断転載はお控えください。

法定計量におけるDXの実態と課題

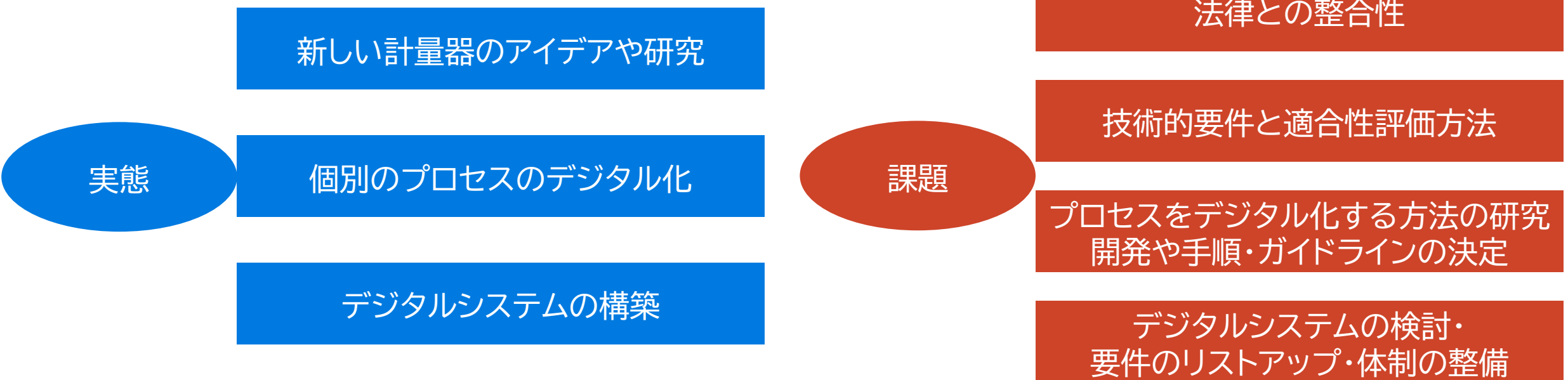
産業技術総合研究所 計量標準総合センター
型式承認技術グループ/データサイエンス研究グループ
岡本隼一

背景と目的

- デジタルトランスフォーメーション(DX)とは？
様々な分野・文脈で登場？ 最近の流行？ 最先端で未来志向？ ビジネスに必要不可欠？
そもそも馴染みがない？ よく分からないが、デジタル技術を使って何かをする？
- DXの意味は、大まかには「デジタル技術を使って既存のものを変革すること」
- 法定計量においても、DXの取り組み・研究が行われているが…
- 法定計量におけるDXが何であるか・それを行うメリット・考えられる課題は一般に認識されていないようである。
- そのため、現時点で行われている取り組み・研究の実態や今後の課題について調査する。

法定計量におけるDXの実態と課題

- DXによって何が変革されるかに着目して、取り組み・研究の実態を3つにまとめた。
- 取り組み・研究の実態を元に、課題を4つ提示した。



- 以降では、それぞれについて説明する。

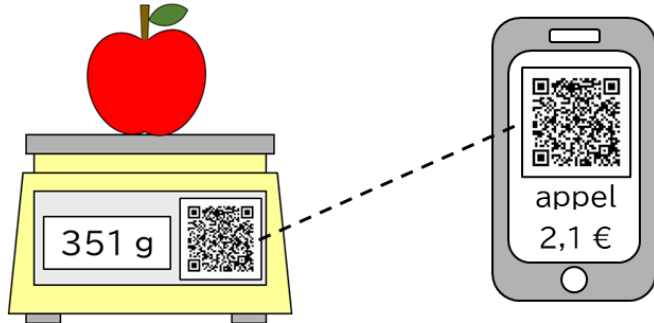
実態1 新しい計量器のアイデアや研究

- デジタル技術を用いたこれまでにないコンセプトの計量器(新しい計量器)が考えられる。
- 新しい計量器のアイデアが提案されたり、それを法定計量に導入する(取引や証明で使えるようにする)ための研究等が行われている。
- メリット: 新しい計量器は性能・機能・コスト及び使いやすさ等の面で従来のものより魅力的だろうし、それが取引や証明で使われることで革新的なサービスやビジネスモデルが可能になるだろう。

IoT化されライフサイクルでのデータがクラウドに保存される計量器	R. Schwartz. OIML Bull. 2021, vol. 62, no 3.
計量結果のラベルをを印刷しないはかりに対するアナウンス	NMi. “NMI’ S GUIDE TO CERTIFYING LABEL-LESS SCALES”.
人工知能や機械学習アルゴリズムを導入した計量器への対応	渡邊 宏. “OIML D31「ソフトウェア制御計量器のための一般要件」改訂作業の最新動向について”.
Distributed Measuring System	Oppermann, Alexander. et al. Secur. Priv. 2018, vol. 1, no. 3.
データ処理にスマートコントラクトを用いる計量システム	Melo, S. Wilson. et al. IEEE Trans. Instrum. Meas. 2019, vol. 68, no. 5.

実態1 新しい計量器のアイデアや研究

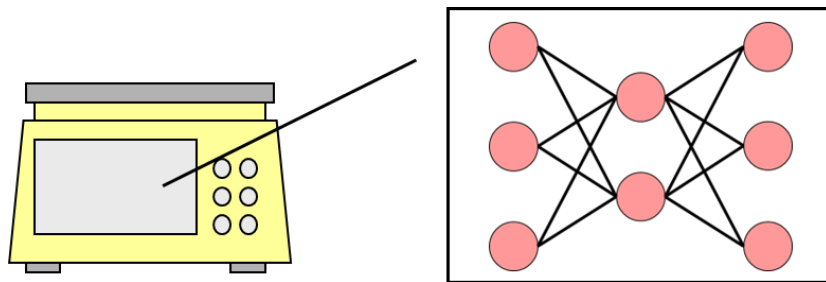
• はかりの製造事業者へのアドバイス



ディスプレイ上のQRコードを読み取って商品の情報を取得する

- 買い物客のスマートフォン上で買い物が完結する、完全にセルフな形態の店舗が可能に。
- 量り売りの際の計量結果(グラム数)をスマートフォンに表示することには法令上の問題がある。
- オランダのNMIは、商品名と金額だけを表示することを製造事業者へ提案している。

• 機械学習アルゴリズムを用いる計量器の要求事項

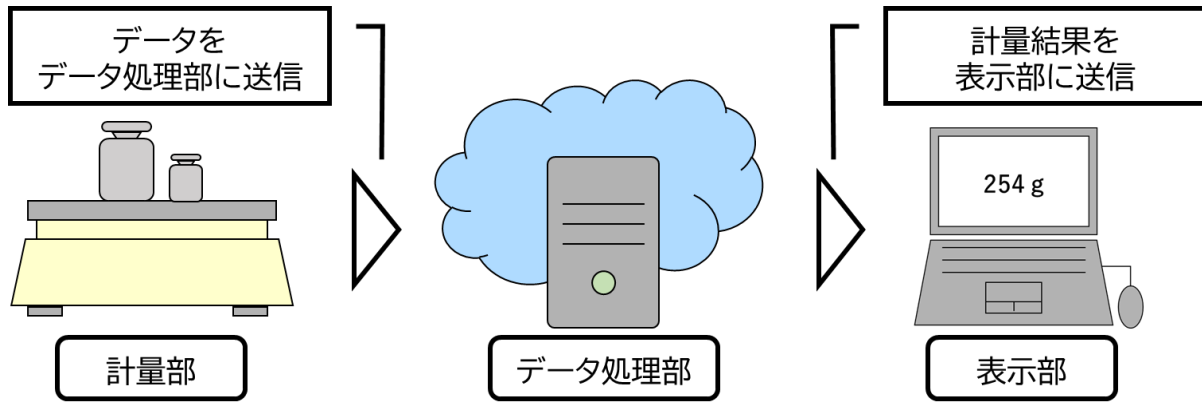


ソフトウェアに機械学習(例えば、ニューラルネットワーク)を用いる計量器

- 計量器の国際的なソフトウェア要件として、OIML D31(D31)が定められている。
- D31の内容は各計量器の国際勧告に反映され、国際勧告の内容がJISに反映される。
- D31の改定作業では、ソフトウェアに機械学習を用いる計量器の要求事項が追加された。
- パラメーターが変化した履歴を記録すること、適合性評価の手法をソフトウェア文書内に記すこと等。

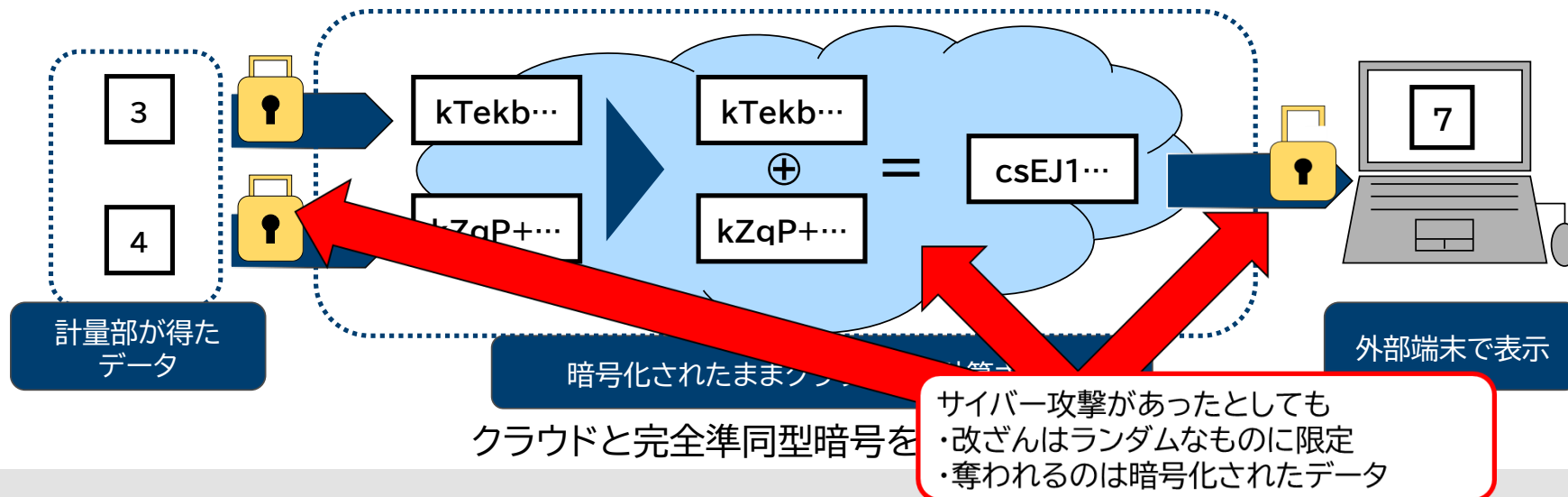
実態1 新しい計量器のアイデアや研究

• Distributed Measuring System (DMS)



3つのコンポーネントが別々のハードウェアに分離されている

- DMSでは、物理量を検出するコンポーネント、データ処理を行うコンポーネント及び計量結果を表示するコンポーネントが分離されている。
- DMSの利点は、構築・運用が低コスト、高い拡張性及びデータ処理部を物理的に保護できることである。
- DMSを法定計量分野で用いるためには、データ処理部とデータ通信は保護する必要があるだろう。
- そのための手段として完全準同型暗号を用いる研究がなされている。

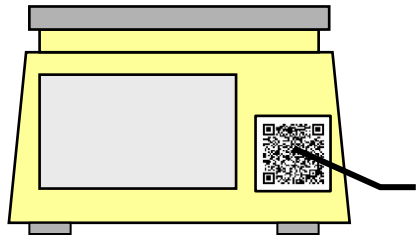


実態2 個別のプロセスのデジタル化

- 個別の法定計量のプロセス(型式試験、検定や市場監視等)のデジタル化が行われつつある。
- メリット: デジタル化によって、プロセスを効率化及び高度化することができ、法定計量に関する組織の負担を軽減できる。人手不足・業務量の増加といった問題の解決策になる。

QRコードを市場監視に役立てる取り組み	Erthal, Bruno. “QR Code for Legal Metrology applications”.
給油メーター検定用の装置	Markovič, JAROMÍR. et al. OIML Bull. 2021, vol. 62, no. 3.
IoTとブロックチェーンを用いた給油メーターの市場監視	Melo, S. Wilson. et al. Journal of Network and Computer Applications. 2021, vol. 175, no. 102914.
ゼロ知識証明によるソフトウェアのチェック	Luís, T.A.N. Brandão. et al. OIML Bull. 2021, vol. 62, no 3.
合成データを用いた不正検出用の機械学習モデルの構築	Liang, Yanfeng. et al. Meas.: Sens. 2021, vol. 18.
ランタイム検証を用いた監査証跡のチェック	Watanabe, Hiroshi. “SPECIFICATION FOR AUDIT TRAIL IN OIML D31: TOWARD RUNTIME VERIFICATION”.

実態2 個別のプロセスのデジタル化(実現済み)



QRコードを読み取ることでデータベースにアクセス

市場監視を円滑に行うことができる

QRコードを市場監視に役立てる取り組み

- ブラジルでは、型式承認をうけていないばかりが商取引で使われているという問題がある。
- INMETROは消費者が市場監視に参加する手段を提供。
- 型式承認をうけたばかり1つ1つにQRコードを割り当て、本体に貼付。
- QRコードを読み取るとデータベースにアクセスできる。
- 提示される情報は、機器の型番、最終検定日時及び機器が承認されたものかどうか。将来的には、計量器の写真や所在地等の情報を追加する予定。

バンの中に検定用の装置が搭載されている

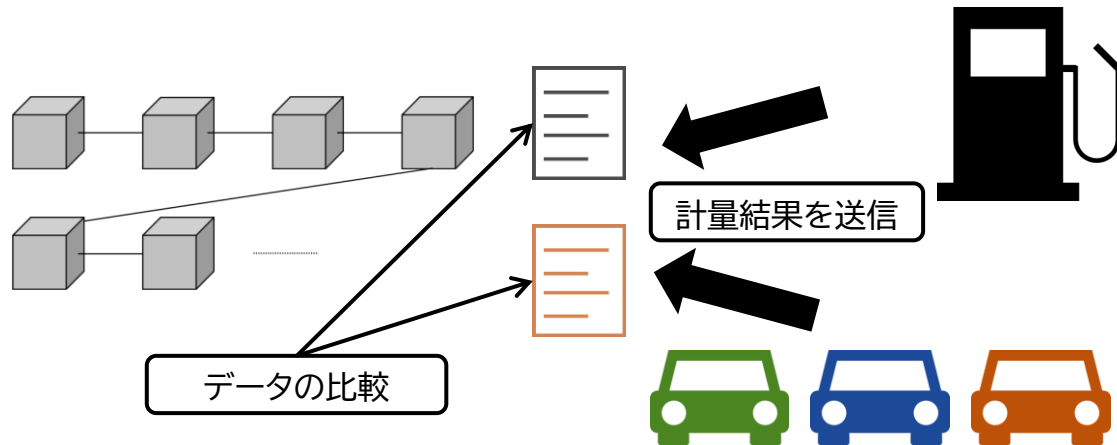


デジタル技術を用いて検定を効率化する装置

自動車等給油メーター検定用の装置

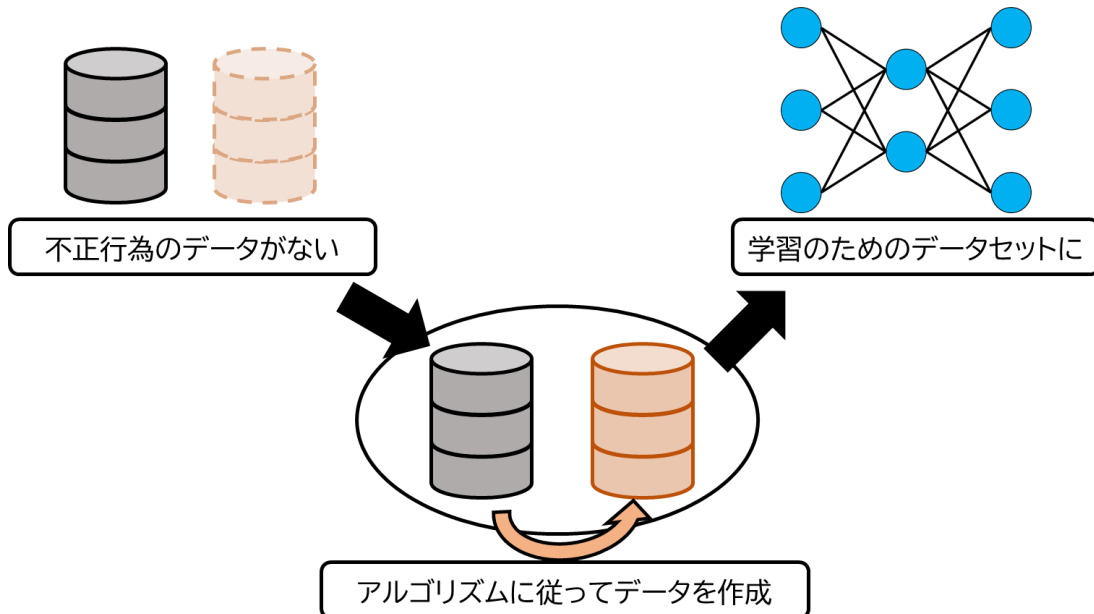
- スロバキアの法定計量機関、検定所と大学が協力して開発・実用化。
- センサー、タンク、基準容器、ポンプ、ホースとそれらを電子的に制御するシステムが一体となった装置であり、バンに搭載できるサイズにまとめられている。検定時に装置の積み降ろしは不要。
- AIによる画像認識で基準容器の目盛りの読み取りを自動化。読み取り結果や実際の写真を検定所の管理するクラウドストレージに送信。
- デジタル技術により検定を効率化。
- 装置が使いやすいため使用者のトレーニングにそれほど時間がかからないこと、検定が素早く終わるためガソリンスタンドの経済的損失を抑えることができることもメリット。

実態2 個別のプロセスのデジタル化(研究段階)



IoTとブロックチェーンを用いた給油メーターの市場監視

- 完璧に信頼できる第三者機関が存在しない場合でも機能するシステム。
- ブロックチェーンの「記録の改ざんが非常に困難である」という特徴を生かして信頼性を担保。
- 給油メーターと自動車はIoT化されており、それらから送信された計量結果がブロックチェーンに書き込まれる。
- 1つの給油メーターの記録がある程度蓄積された段階で、ブロックチェーン上で動作するプログラムが計量結果を突き合わせ、適正な計量が実施されているか確認。
- 過去のデータを元にシミュレーションを行い、性能要求を満たすことを確認。



不正検出用の機械学習モデルの構築

- 計量の市場監視として、機械学習で構築したモデルを用いて不正行為を検出する方法が考えられる。
- 機械学習で用いるデータセットの中には、不正行為が行われた際のデータを含める必要があるが、そのようなデータは豊富にあるわけではない。
- アルゴリズムによって不正行為の影響を受けたデータを作成し、データセットを補強する(このように作成されたデータは合成データと呼ばれる)。
- 船舶への燃料輸送に使われるコリオリ式流量計の実際の計量データを元に、不正行為の影響を受けた合成データを作成。
- データセット(実際の計量データ+合成データ)から不正行為を検出する機械学習モデルを作成。
- 未知のデータに対して、90%の精度で不正行為を検出。

実態3 デジタルシステムの構築

- 計量器の品質保証は、様々な関係者が連携することで成り立っている。
- 品質保証に必要なデータが様々な場所に散らばっている→データがどこにあるか探すor関係者同士がメール・郵送等でやり取りする→コストがかかる。
- 品質保証をスムーズに進めることができるデジタルシステムを構築することが提案・実行されている。そのシステム上で記録(計量器のユーザー、製造事業者、校正日時、検定日時等)の保存やデータのやり取り(型式試験データの共有、型式承認通知書の送付、証明書の発行、検定の申請等)が行われる。
- メリット: 記録・やり取りをデジタルシステム上で完結させることで、効率化+自動化が可能に。さらに、量や性質の点で人間には扱きれないデータを収集し、品質保証に役立てることができる。

欧州計測学クラウドネットワーク

Nordholz, Jan. et al. OIML Bull. 2021, vol. 62, no 3.

AnGeWaNtプロジェクト

Oppermann, Alexander. et al. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. 2020, Vol. 21.

QIクラウド

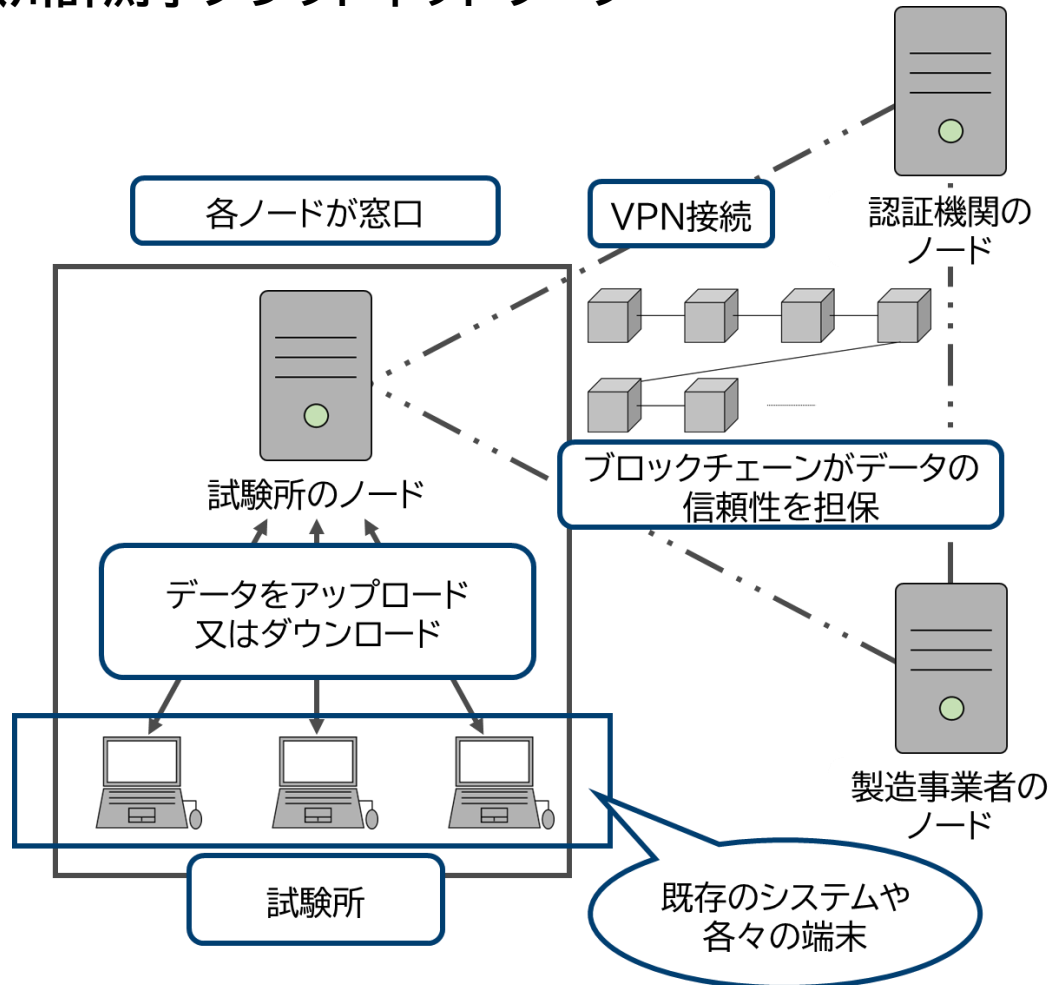
Eichstädt, Sascha. OIML Bull. 2022, vol. 63, no 3.

ロシアにおける法定計量のプラットフォーム

Golubev, S.; Kuzin, A. OIML Bull. 2021, vol. 62, no. 3.

実態3 デジタルシステムの構築(研究段階)

● 欧州計測学クラウドネットワーク



概要

- ドイツのPTBが提案。
- 法定計量に関係する組織が保有するノードがネットワークを構成する。
- 各組織のノードは、既存のシステムとローカルにデータの送受信を行う。ノードを窓口としてデータが共有される。

セキュリティを確保する方法

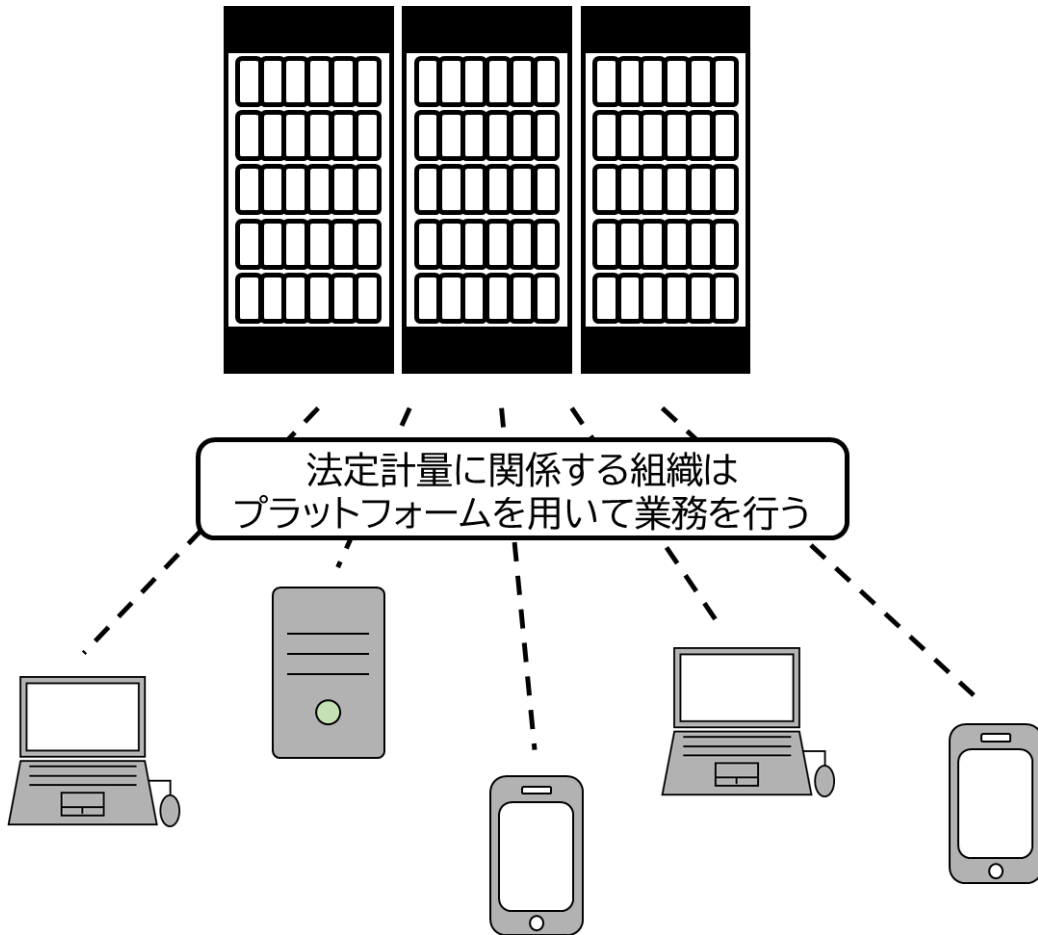
- 各組織ごとのアクセス権限にもとづいて、必要なデータだけを共有(例えば、計量器の試験データは試験所と製造事業者間でのみ共有)。
- ノード同士のデータ通信はVPNで保護。
- これらのノードはブロックチェーンネットワークのノードを兼ねており、ブロックチェーンが処理の履歴(データの変更・追加、ノードの追加・削除)を書き換え不可能な形で保存。

メリット

- スムーズに品質保証のためのデータを共有できる。
- 品質保証のプロセスの進捗状況を容易に把握できる。
- 各組織の既存のシステムをそのままいかなることができる。
- データが一か所に集まっているわけではないので、攻撃を受けやすい致命的な部分がない。

実態3 デジタルシステムの構築(実現済み)

● ロシアの法定計量のプラットフォーム



概要

- 法定計量に関するデータを記録し、法定計量の業務(検定・基準器の校正・型式承認・標準物質の認証等)を進めることができるプラットフォームを構築。
- データや事務処理がプラットフォームに移行され、デジタル化が実現。

プラットフォーム構築の経緯

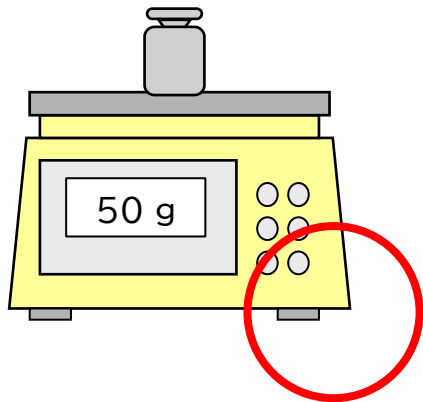
- プラットフォームそのものの構築と、その運用に関わる法律の改正という2つの作業が並行して行われた。
- 法定計量に関する組織(公的機関や企業等)は、構築されたプラットフォームを用いることが法律で義務付けられた。
- 公的機関は、法律施行の10年前からの情報をプラットフォームに移行するという膨大な作業を行った。

可能になったこと

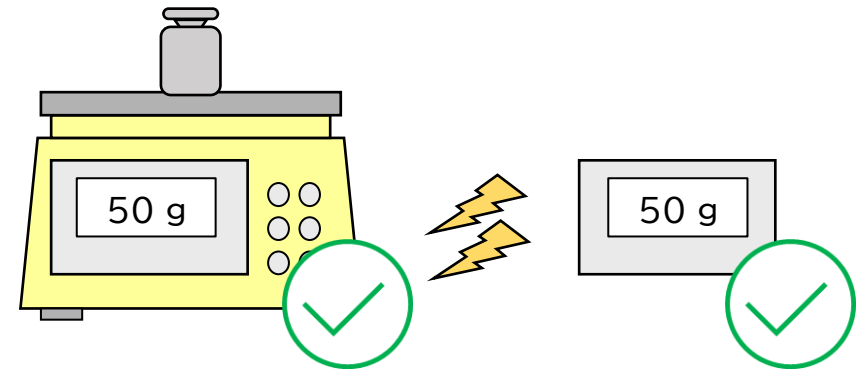
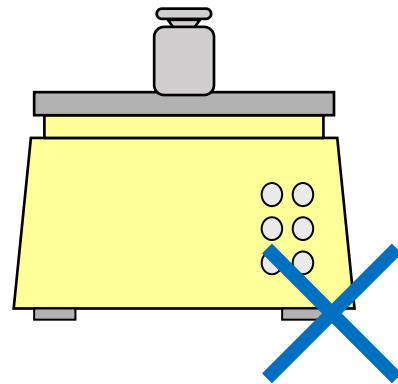
- 法定計量に関するデータの一元管理と事務処理の効率化。
- 個々の計量器から国家標準までのトレーサビリティのデータが得られるようになった。
- データを利用して市場監視に役立てる(検定の有効期限が過ぎた計量器を発見・疑わしいほど大量の業務を行っている組織を特定)ことができる。
- プラットフォームと連携して計量器の検定結果を確認できるアプリが提供されている。

課題1 新しい計量器と法令との整合性

- 新しい計量器を法定計量に導入するためには、法令と整合させなければならない。
- 例えば、日本には以下のような法令がある。



検出部と構造上一体となった表示機構を持つ
(特定計量器検定検査規則第十一条)

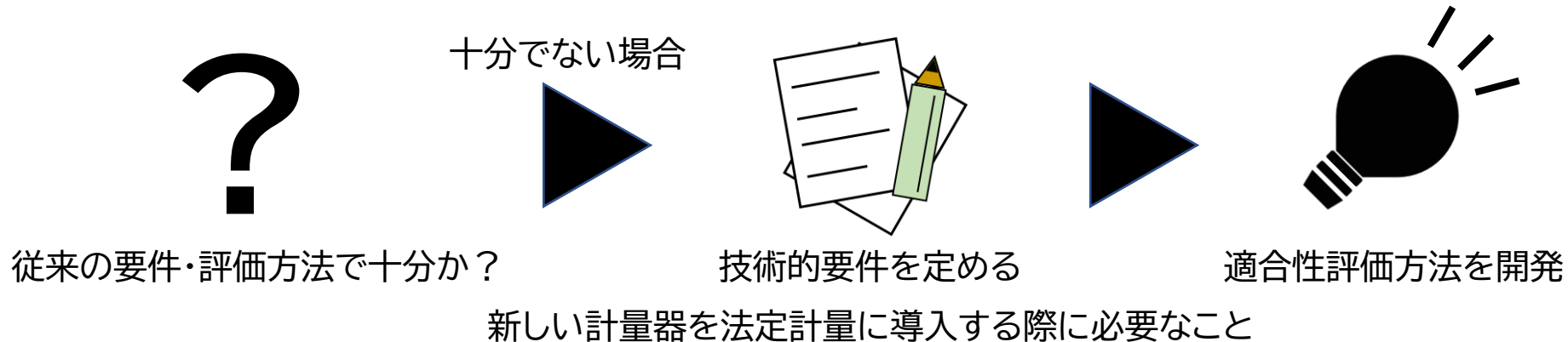


複数の表示機構はいずれも検定に合格していること
(特定計量器検定検査規則第十三条)

- 新しい計量器が法令に抵触しないようなものにするor法令の改正が必要。

課題2 新しい計量器の技術的要件や適合性評価方法

- 適正な計量が実施されることを担保するために、計量器の技術的要件が定められている。
- 技術的要件を満足していることを確認する方法が適合性評価である。



例1、ソフトウェアに機械学習を用いる計量器

- 使用中にソフトウェアのパラメーターが変化する点でこれまでの計量器とは全く異なる。
- 従来の適合性評価方法で十分かどうか不明であり、検証が必要。

例2、汎用デバイスを用いる計量器

- 専用のセンサーとユーザーがアプリをインストールした汎用の表示デバイスを組み合わせて計量器を構成するアイデア。
- そもそもそのような計量器は想定されておらず、技術的要件や適合性評価方法を開発する必要がある。

課題3 個別のプロセスをデジタル化する方法の研究開発や手順・ガイドラインの決定

- 個別のプロセス(型式試験・型式承認、検定、市場監視等)をデジタル化する際には、2つの段階が必要になると考えられる。
- 1つ目の段階は、個別の法定計量のプロセスをデジタル化する技術的な方法を研究開発すること。
 - ✓ 個別の法定計量のプロセスの中でデジタル化できる部分を探す。
 - ✓ 用いるデジタル技術に求める条件を明確にして、採用するデジタル技術を決める。
 - ✓ ツールを用意する(既存のものor作成)。
- 2つ目の段階は、その方法を実際に法定計量の枠組みに組み込むこと。
 - ✓ デジタル化された個別の法定計量のプロセスの手順を決める。
 - ✓ プロセスを行う者の手引きとなるガイドラインを定める。

例、遠隔検定

- 近年の通信技術の発展により、遠隔検定の可能性が拓かれた。いくつかの資料の中でアイデアとして示されている。
- 遠隔検定を実現するためには、技術的な方法を開発し、手順やガイドラインを定めることが必要である。

課題4 デジタルシステムの検討、要件のリストアップ、体制の整備

- デジタルシステムを導入するメリット、コスト及び計画を検討。
- デジタルシステムの機能や性質等の要件をリストアップ。
- デジタルシステムの構築及び運用を行い、品質保証の仕組みをデジタルに移行することが円滑に行われるように関係者の協力体制を整える。

まとめ

- 本発表では、法定計量におけるDXの3つの取り組み・研究の実態と4つの課題を述べた。
- 内容をまとめると以下ようになる。

