

# 第三期を見据えた活動事例 I

## 【計量標準分野】

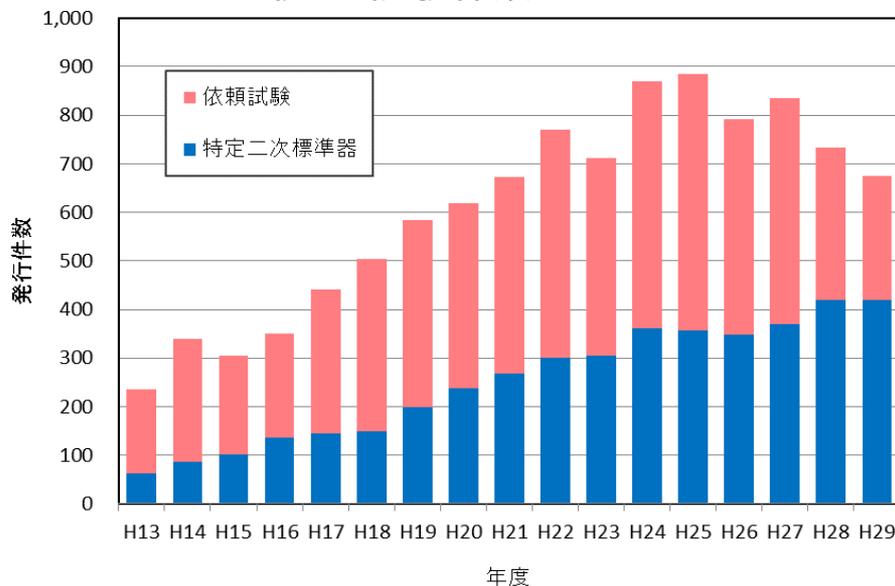
(国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター 作成資料)

第10回 産業構造審議会産業技術環境分科会知的基盤整備特別小委員会・  
日本工業標準調査会基本政策部会知的基盤整備専門委員会 合同会議 資料  
(平成31年2月19日開催)

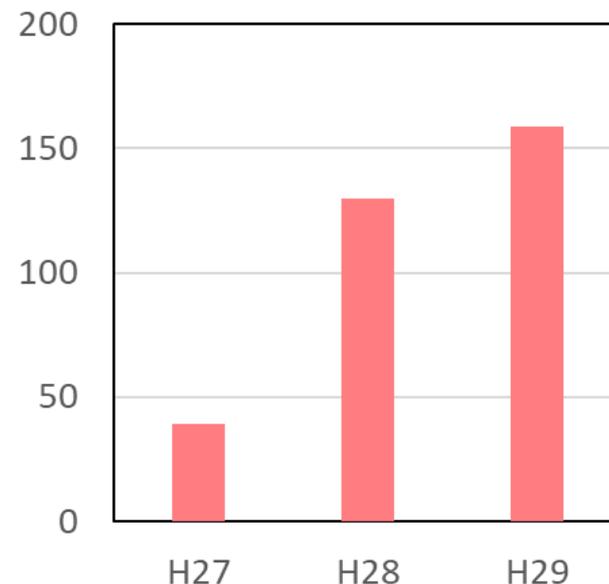
- **計量法**に基づく特定二次標準器の校正および依頼試験を着実に実施し、**計量トレーサビリティの普及**に貢献。
- また**技術コンサルティング**により依頼試験 + αのソリューションを提供（校正・依頼試験のリストにない測定、分析対象や条件・手法による測定や分析の実施）

### 校正・依頼試験

校正・試験件数(証明書発行枚数)



### 技術コンサルティング



技術コンサルティングサービス等を通じ、第一期、第二期知的基盤整備計画で開発した技術を基により使い易いサービスへの展開を図る

## 計測技術による技術コンサルティングの例

## \* 周波数電気

- ・第5世代移動体通信に対応したミリ波 (>20 GHz) 帯域の各種計測技術
- ・内部インピーダンスの高精度測定に基づくリチウムイオン電池劣化の短時間評価
- ・スマートグリッド・HEMSに対応した標準にトレーサブルな電力測定

## \* 形状計測

- ・3次元計測 (CMM) の精度評価・認証
- ・X線CTによる3D微細構造計測・評価

## \* 温度・流量

- ・省エネの基礎となる熱流量の精密計測
- ・放射率補正による放射温度測定の高精度化
- ・エンジン燃費計測に対応する微小流量からパイプラインに対応した大流量までの高精度流量計測

## \* 環境・放射線

- ・定量NMRによる有機物質の純度評価
- ・X線、 $\gamma$ 線、 $\beta$ 線、中性子線の測定技術・不確かさ評価

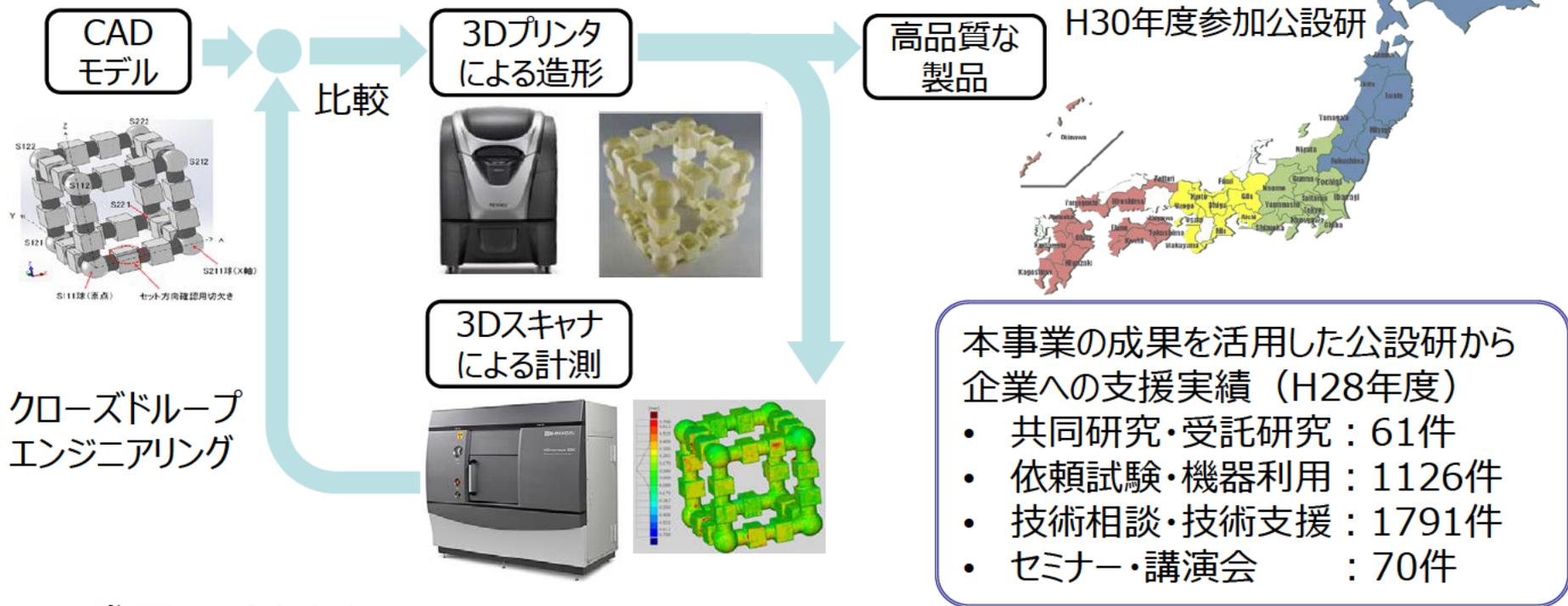
日経テクノロジーオンライン記事

「産総研、国際基準の計測サービスで企業の製品開発を支援」より引用

# 地域公設研との連携と通じた中小・零細製造業の競争力強化

## <背景・概要>

- 産総研の3D計測・評価技術を元に、3Dプリンタで作った部品を3Dスキャナで測定し、その誤差をフィードバックする（クローズドループエンジニアリング）ことで、ものづくりの高度化を図る。
- 産総研と公設研をつないだ全国規模のものづくり支援ネットワークを形成。



本事業の成果を活用した公設研から企業への支援実績（H28年度）

- 共同研究・受託研究：61件
- 依頼試験・機器利用：1126件
- 技術相談・技術支援：1791件
- セミナー・講演会：70件

## 成果・アウトカム

- クローズドループエンジニアリングの有効性を確認し、そのノウハウを地元企業に伝授。
- 全国39都道府県47か所の公設研とのネットワークと相互協力体制を構築。

# 計量標準の応用と新規サービス

- 人工物に頼らない質量標準の開発
- 時間標準の開発
- 次世代自動車のための計測技術開発
- 225 kV 計測用 X 線 C T の共同開発
- 高圧水素流量計測技術の開発
- チップスケール原子時計
- 定量NMRと標準物質

国内産業の国際競争力強化のため、これまで整備された知的基盤を利用して共同研究や公的研究プロジェクトによる先端計測技術の開発を実施する

## 高圧水素流量計測技術の開発

350気圧高圧水素流量計校正設備を整備

コリオリ流量計器差試験



中高圧領域における水素実流試験が可能

メーカー間器差評価

### 技術開発 の要点

- 水素ステーション計量器検査のための臨界ノズルステップアップ法を用いた世界最高水準の高圧水素流量計測技術を開発した。
- 中高圧領域（～350気圧）で実流評価試験を行うことができる高圧水素流量計校正設備を整備した。

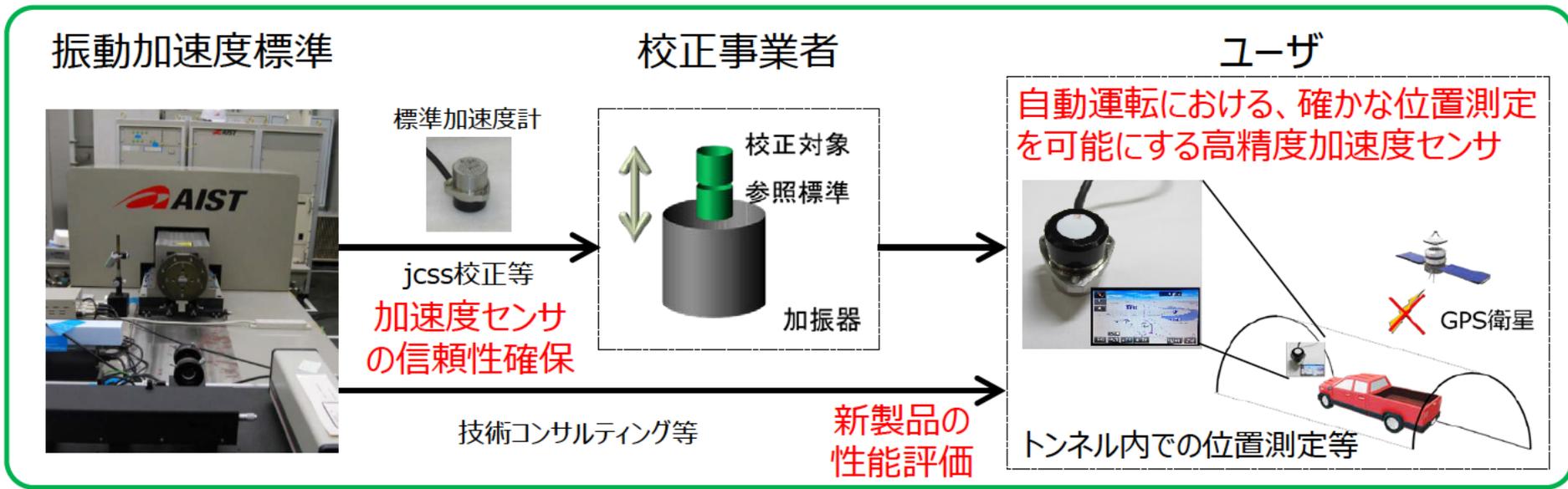
### アウトカム

- 水素ステーションにおける水素燃料適正計量による消費者保護
- 燃料電池自動車の普及および水素社会実現への貢献

### 成果リスト

国際標準化1件（OIML勧告改定）、共同研究1件

# 加速度センサー評価のための低周波振動加速度標準の高度化



## 技術開発 の要点

- データのS/N比を高めるため、デジタルフィルタ処理技術を導入
- 加振器の微小なゆがみ（曲率：約16 km）を補正する技術を導入
- 不確かさを大幅に低減し、世界最高水準の測定能力を実現

## アウトカム

- 加速度センサー評価のための低周波振動加速度標準の高度化
- 自動運転等で必要とされる、確かな位置測定技術の信頼性確保

## 成果リスト

計量標準2件、論文・解説2件、民間企業共同研究・コンサル6件

## 平成30年度活動実績および予定

- 4/25 第十四回NMIJ国際計量シンポジウム
- 9/6 NMIJ標準物質セミナー2018
- 9/27 第十六回計測標準フォーラム講演会
- 9/28 NMIJ法定計量セミナー2018
- 12/2 日本学術会議公開シンポジウム




### 日本学術会議 公開シンポジウム

#### 「新しい国際単位系 (SI) 重さ、電気、温度、そして時間の計測と私たちの暮らし」

主 催： 日本学術会議 物理学委員会・総合工学委員会合同 IUPAC 分科会、化学委員会 IUPAC 分科会

共 催： 一般社団法人 日本物理学会 (予定)、公益社団法人 日本化学会、国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター

日 時： 平成30年12月2日 (日) 13:00 ~ 17:00

場 所： 日本学術会議講堂 (東京都港区六本木 7-22-34 東京メトロ千代田線乃木坂駅5番出口すぐ)  
<http://www.scj.go.jp/ja/other/info.html>

開催趣旨： 私たちが使っているkg、秒、温度などの単位は、国際度量衡総会において、国際的な取り決めによって決められています。来年五月からこの単位についての取り決めを大きく変更する改定が決定される予定です。新しく施行される国際単位系は、唯一人工物によって定義されているキログラムを、自然界を支配するいくつかの「定数」を使って定義します。

人間が恣意的に決めた単位は、科学技術の発展とともに、自然の中にある原理を使ったものに置き換えられてきましたが、今回の改定でこの取り組みがとうとう完成します。日本学術会議では、この機会に、単位の制定の背景にある、自然の原理や科学技術の発展、今後の進展などを広く展望するシンポジウムを開催します。学生、研究者、教育関係者、技術者等のご来聴を歓迎します。

計量標準に関する定期的イベントの開催やインターネットを活用した情報発信

## 成果普及、広報、中小企業支援・計測クラブ等の活動

国家計量標準を普及かつ共有する場として**23の計測クラブ**を運営

会員：約 **3,300名**  
(平成30年12月20日現在)  
(※複数クラブへの重複参加を含む)

分野	名称	今年度の主な実績
時間・周波数・電気・温度・湿度・光	物理計測クラブ	平成30年年度 計量標準総合センター成果発表会 (平成31年2月14日)
長さ・幾何学量	長さクラブ	平成30年度長さクラブ講演会 (平成31年2月21日)
力 圧力 真空	力・トルク計測クラブ	NMIJ力・トルク計測クラブ第8回全体会合 (平成30年11月12日)
音響 振動	超音波音場計測クラブ	第14回 超音波音場計測クラブ会合 (平成31年2月8日)
流量	流量計測クラブ	半導体製造ガス流量ワーキンググループ説明会 (平成31年1月11日) 第15回 NMIJ流量計測クラブ会合 (平成30年10月19日)
物性 材料	固体熱物性クラブ	第13回固体熱物性クラブ全体会合 (平成30年6月15日)
放射線・放射能	放射線・放射能・中性子計測クラブ	第27回 放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会 (平成30年6月8日)
		第28回 放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会 (平成30年11月8日)
無機分析・有機分析	量子ビーム計測クラブ	第1回量子ビーム計測クラブ研究会 (平成30年7月27日)
	標準ガスクラブ	平成30年度標準ガスクラブ講演会 (平成31年3月8日)
法定計量	定量NMRクラブ	定量NMRクラブ第7回会合 (平成30年12月14日)
	法定計量クラブ	第10回 NMIJ 法定計量クラブ (平成30年3月14日)
不確かさ・計量文書	不確かさクラブ	第13回不確かさクラブ総会 (平成31年1月23日)

### 主な活動

- ・研究会・講演会
- ・共同研究の開催
- ・技術相談
- ・情報発信、解説  
計量標準、国際計量活動  
経産省の施策
- ・要望の施策への反映

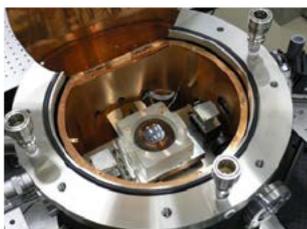
(参考資料)

## 人工物に頼らない質量標準の開発 - 基礎物理定数によるキログラムの定義改定 -

基礎研究

標準の開発

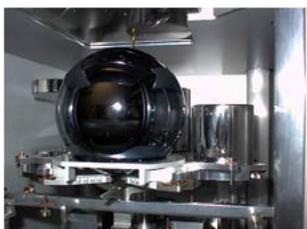
標準の応用



シリコン球の直径  
及び体積の測定



X線光電子分光法(XPS)  
表面層の質量評価



真空天びんによる  
超精密質量比較

2018年：SI定義改定  
キログラム原器から  
プランク定数へ

新しい定義に基づいた標準供給  
最適なトレーサビリティ体系の構築

### キログラムの定義改定への貢献

- キログラム原器の安定度を超える精度( $2.4 \times 10^{-8}$ )で質量標準を実現
- プランク定数の決定に貢献
- キログラムの実現に成功したのは、日、米、加、独の4ヶ国のみ

### ○新たなkg定義を用いた 微小質量計測技術の開発

- 新薬開発のスピードアップ
- 半導体デバイスやMEMの信頼性向上
- プリントドエレクトロニクスや3Dプリンタの開発
- 生体分子の特性評価

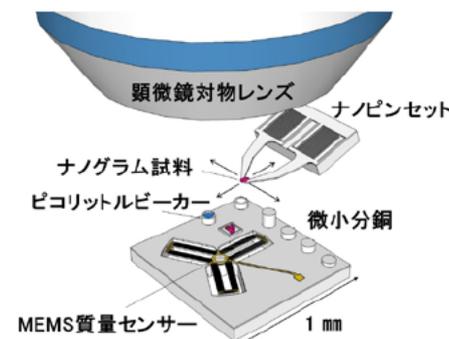
130年ぶりの定義改定に貢献し、人工物に頼らず、  
原子の数に基づく新しい質量標準を開発



キログラム原器  
長期安定性 50  $\mu$ g



1 kgの  
 $^{28}\text{Si}$ 濃縮結晶球体



MEMS質量センサー

# 時間標準の開発

## — 光周波数標準による秒の定義改定 —

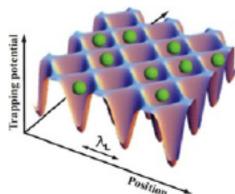
基礎研究

標準の開発

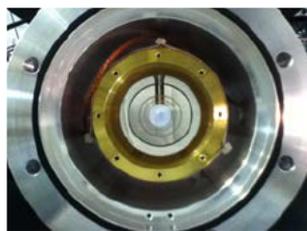
標準の応用



**光周波数コム**の開発  
光周波数の精密測定を可能に  
長さの国家標準



2001年 香取教授(東京大学)が  
光格子時計の概念を発表  
2003年 Sr原子を用いて光格子  
時計の基礎実験に成功



**超狭線幅レーザー**の開発  
超高安定光振動子の実現

2026年頃：SI定義改定  
マイクロ波時計から  
光時計へ

新しい定義に基づいた標準供給  
最適なトレーサビリティ体系の構築

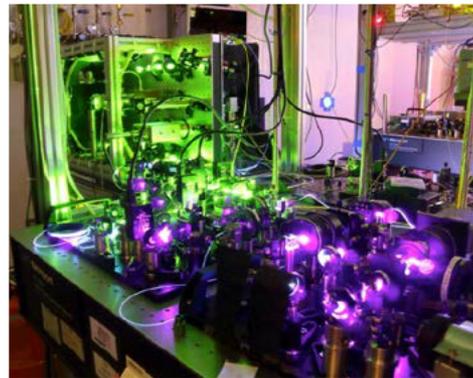
**秒の定義改定へ向けた貢献**

- 2009年 世界に先駆けて**Yb光格子時計**の開発に成功
- 2014年 Sr/Yb**デュアル光格子時計**の開発に成功し、**SrとYbの周波数比**を測定
- 2018年 長期間運転可能な**Yb光格子時計**を開発

**Yb光格子時計**と**Sr光格子時計**を開発し研究を推進。  
**秒の定義改定**に向けて、国際的な標準時である**国際原子時**への貢献を目指す。



**セシウム原子時計**  
(マイクロ波時計)



**長期運転可能な**  
**Yb光格子時計**

**GPSの高度化**

地上設置原子時計の精度を高めることで、GPS全体の評価を高度化

**測地学への貢献**

重力ポテンシャルの変動をリアルタイムで測定可能にし、資源探査や地殻変動プローブに貢献

**超精密分光**

環境ガスや呼気の超高精度・超高帯域分光に貢献

**材料開発への貢献**

極端紫外線露光技術に不可欠な低熱膨張材料の高精度評価

## 次世代自動車のための計測技術開発

基礎研究

標準の開発

標準の応用

実用化・事業化

**設計・製造**

1990年代  
デジタル情報  
による設計・幾  
何公差情報の  
利活用

アルミ合金・複合材料化  
・水冷流路付部品の増加  
・薄肉化  
・複雑形状化

車体のアルミ化, 複合材化  
・衝突安全性能の評価  
・実形状の測定仕様の複雑化

自由曲面を近似する  
参照幾何形状の創成  
(特許申請中)

自由曲面の  
スキャン測定

自由曲面形状の  
トレーサブル形状測定

**基幹部品の  
軽量化**

X-CT, 光学スキャナ  
性能評価法国際標準開発

衝突試験前/後  
の変形場解析

複雑形状鋳物の  
形状測定, 欠陥検査

高強度部品の欠陥検査

**強度耐久信  
頼性の向上**

**動力性能**

1840年 C.  
Wheatstone  
ホイートストン  
リッジ

1990年代~  
エンジン回転内  
の変動トルク計測

出力=トルク×回転数  
↓  
トルク計測の高精度化

トルク変換器の動特性  
評価技術の開発

エンジントルク・  
モータトルクの動特  
性評価技術の  
開発

- ◆ 内燃機関の燃費向上
- ◆ EVMータの効率改善
- ◆ パワートレインの効率高精度評価
- ◆ 評価方法の国際標準化

**SDGs 達  
成への貢献**

1938年  
Simmons &  
Ruge 接着型ひ  
ずみゲージ

1990年代~  
パワーステアリング・  
パワーウィンドウ等  
モータトルク計測

静トルクの高精  
度発生技術、計  
測技術、校正技  
術の開発

定格容量10 N m実荷  
重式トルク標準機

特殊形状・特殊用途の  
トルク変換器の校正  
技術の開発

パワートレインの出力  
伝達特性(効率)  
評価技術の開発

**安全性能**

1859年  
二次電池  
(鉛蓄  
電池)

1960年代~  
Liイオン伝導体

1990年代後半  
~  
Hybrid自動車

2010年代~  
UN ECE-R No.100-  
02  
安全要求事項の義務化

衝突安全性能の確保

UN ECE-R No.  
100-02に準拠し  
た衝撃加振機の  
開発

高速度・台形  
型加速度波  
形の精密計測

- ◆ UN規則対応のバッテリ耐衝撃安全性確保
- ◆ 次世代電池(全固体電池)の安全性確保
- ◆ 次世代電池安全性試験方法の国際標準化

**基幹部品の  
安全性  
確保**

1970年代~  
全固体電池  
固体電解質の報告



全固体電池  
の材料開発

車載用全固体  
電池に向けた耐  
衝撃評価

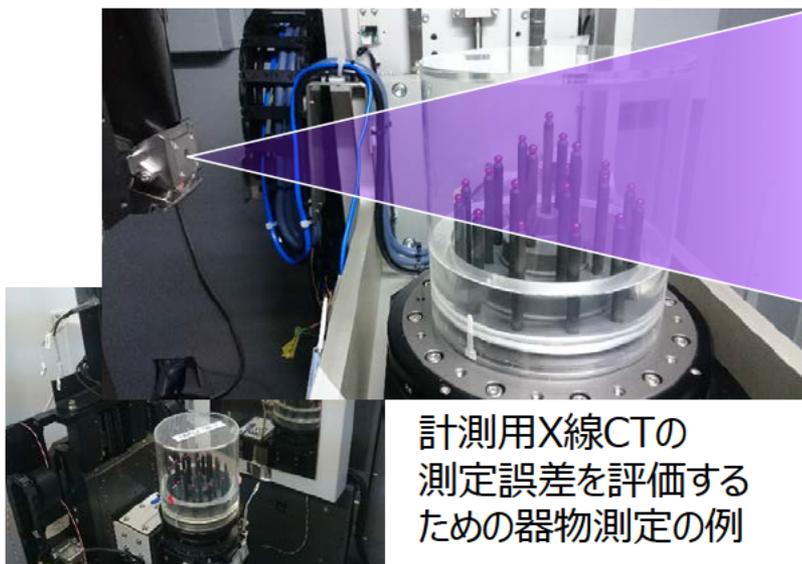
評価・試験方法の  
国際標準化

次世代自動車国際市場への適応

## 225 kV 計測用 X線 CT の共同開発

## 研究の目的

- 精密なものづくり産業で必要とされる純国産初の計測用 X線 CT を共同開発する。
- NMIJ が保有する 3D 幾何形状計測における幾何誤差補正の知見と、計測分析機器メーカーの知見とをタイムリーにマッチング。



計測用 X線 CT の  
測定誤差を評価する  
ための器物測定の実例

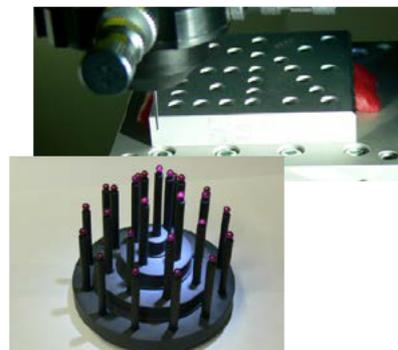
## 平成29年度成果

- **世界最高水準**の  $\mu\text{m}$  オーダの計測精度をもつ **純国産初の製品化** において、保有する三次元計測技術を用いて装置の精度評価と高精度化を全面支援。
- 平成29年12月12日製品発表・プレス発表（日刊工業新聞等4誌掲載）。
- 更なる高度化に向けた連携。

## 225 kV 計測用 X線 CT の共同開発



第1期共同研究：NMIJに設置  
(2011年) のプロトタイプX線  
CT



第2期共同研究：国際規  
格開発に知見を反映



第2期共同研究：成果として  
製品化された計測用X線CT

2009

2011

2014

2017

### 技術開発 の要点

既存の幾何形状の測定機では対応が不可能な内部形状の測定精度の高度な検証方法を確立した。また製品の性能を適切に評価できる国際規格をプロジェクトリーダーとして開発中。

### アウト カム

計量標準整備計画（X線CTによる幾何形状）および国際規格（計測用X線CT）の主導的開発との連動による測定の信頼性向上が図れ、我が国の3D計測機器企業の国際競争力の強化に資する。

### 成果リスト

特許出願 1 件、プレス発表 1 件、論文 1 報

# 産業構造変化への対応 (例: AIを用いた取り組み)

AIを用いた大規模三次元点群データ処理技術の開発に向けて

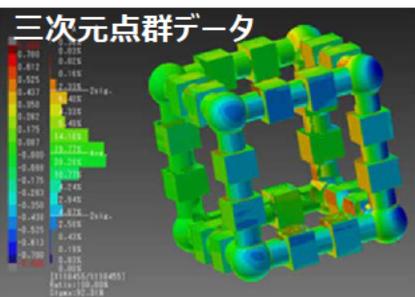
## 三次元データ解析の画期的効率化・迅速化

光スキャナやX線CT等の計測器から得られる膨大な三次元点群データの処理にAIを活用. 画期的な効率化と迅速化を図る.

### 計測機器から得られる膨大なデータ処理の効率化



X線CT



光スキャナやX線CT等の測定器から得られる「大規模三次元点群データ」

データ数は膨大だが、そのまま使えないデータも多い

**教師データ**  
 同一計測機器で測定した材料・形状が異なる製品のデータ  
 異なる計測機器で同一製品を測定したデータ

接触式三次元測定機等で取得する形状データ

データ数は少ないが超高精度

民間企業  
公設研等

大規模三次元点群データの「質」の向上をAIによって効率的に実現

自動車部品等の工業製品

計測現場等で得られる大規模三次元点群データ

AI学習用のデータベース化  
三次元計測のデータ化

ディープラーニング  
不要データの除去、複数の測定データセットのつなぎ合わせ、異なる測定器の測定結果の整合性確認

学習済みモデルの構築

### 将来展望

ティアダウンの加速  
設計の効率化、製品のコストダウン

デジタルエンジニアリングを基盤としたオープンイノベーションの加速

学習済みモデルに基づく三次元計測データ解析の画期的効率化・迅速化

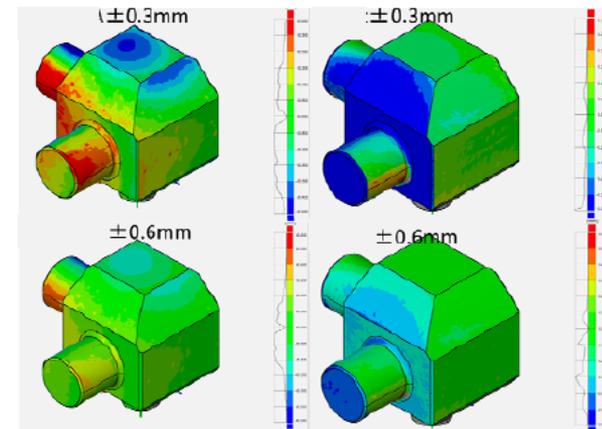
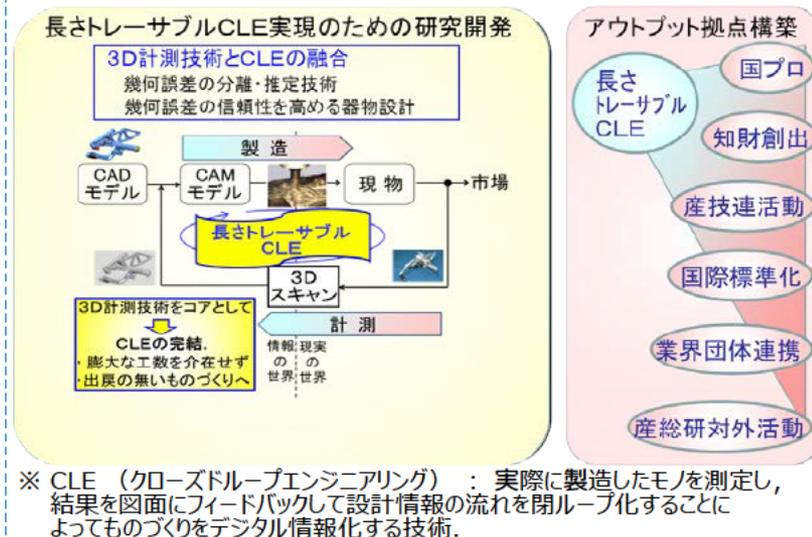
## 3Dスキャナと3Dプリンタを通じた地域連携

### 研究の目的

### 平成29年度成果

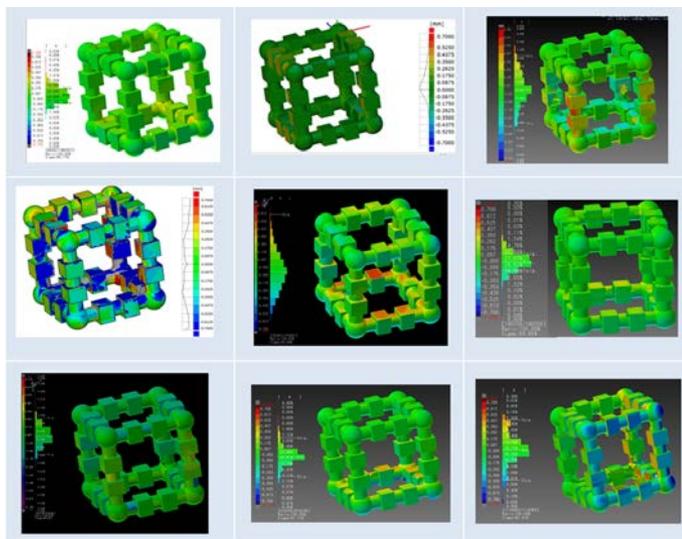
- 3D計測 (産総研シーズ) と3D造形 (3D計測のユーザ) との連携により、ものづくりのクローズドループ化・高度化へ貢献。
- 産総研の3D計測技術と公設研との連携ネットワークの発展的深化による橋渡し拠点の構築。

- 3D造形器物(3Dプリンタで造形)の3D形状データ(3Dスキャナで計測)から、3Dプリンタの補正情報の元となる幾何誤差を抽出することができた。

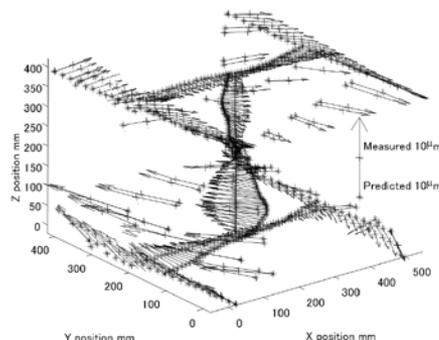


3D造形器物による幾何誤差の評価

## 3Dスキャナと3Dプリンタを通じた地域連携



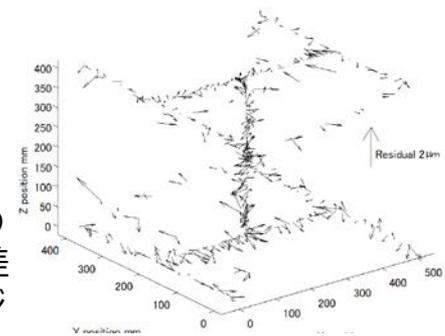
各公設研でデジタル化した造形誤差情報を集積



補正前の  
幾何誤差  
のイメージ

誤差補正技術開発  
大規模な実験的検証

補正後の  
幾何誤差  
のイメージ



### 技術開発 の要点

- CLEにより、3D計測結果をデジタル設計データにフィードバックして高精度化するための補正技術開発と大規模な実験的検証。
- 地域連携による、地域毎に特色ある企業活動に即した支援体制の構築。
- 3Dスキャナ性能評価法の国際規格開発およびラウンドロビンの企画と実施。

### アウト カム

各公設研の得意とする3D計測／3D造形技術を持ち寄り、オールジャパン体制で我が国の3Dものづくり競争力を強化。

### 成果リスト

国際規格開発 P L : 2件, 企業共同研究11件, 論文2報

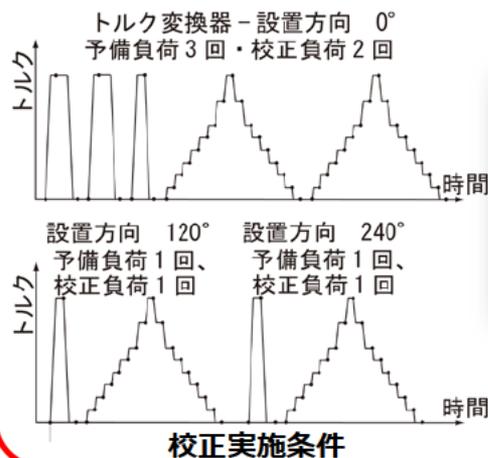
## 電磁力によるトルク計測技術の開発

## 研究の目的

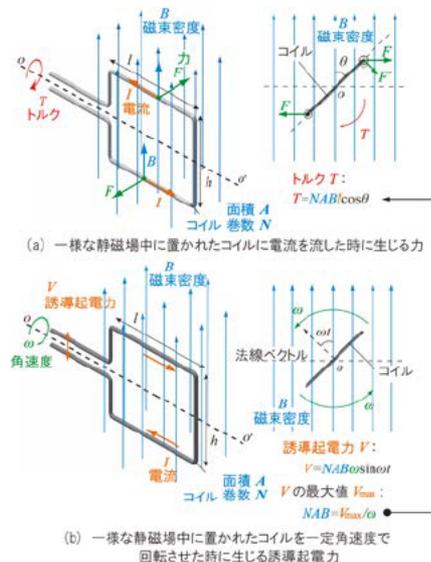
- 自動車内電動機器、OA機器等に使用される高性能小型モータの性能評価、微小精密機器の組立・制御に必要とされている 10 mN・m を下回る微小トルク計測技術の確立。
- キログラム定義改定に関する研究で用いられているキップルバランス法の原理に基づいた、電磁力による新しいトルクの計測技術の開発。
- キップルバランス法の原理に基づいた、万有引力定数 $G$ の精密計測。

## 平成29年度成果

- 国際単位系SIにトレーサブルなトルクとしては**世界最小**となる $0.27 \mu\text{N}\cdot\text{m}$ を達成。
- キップルバランス法の原理に基づいた世界で唯一の電磁力式トルク標準機による、トルクメータの**校正技術の開発に成功**。



## 電磁力によるトルク計測技術の開発



電磁力によるトルクの発生原理



$$T\omega = VI$$

電磁力式トルク標準機



©株式会社 小野測器

小型トルク検出器 (左) とそれが内蔵された小型モータ試験機 (右)

- スマートフォン用カメラの高機能化・小型化のための小型モータの性能評価、医療機器の信頼性向上等

### 技術開発の要点

産総研のトルク計測技術とキップルバランス法に関する知見に基いて開発した、**世界で唯一の電磁力によるトルク標準機**で、今年度は、国際単位系SIにトレーサブルなトルクとしては**世界最小**となる  $0.27 \mu\text{N}\cdot\text{m}$  までの発生に成功した。さらに、この電磁力式トルク標準機によるトルクメータの**校正技術**を確立した。

### アウトカム

超音波小型モータの高機能化によるスマートフォン用カメラの高機能・小型化や低侵襲治療デバイスなどの医療機器の信頼性確保への貢献が期待できる。また、基礎物理定数の精密測定など、学術基礎研究への貢献が期待できる。

### 成果リスト

科研費(新規): 1件、助成金(新規): 1件、特許(共同出願): 1件

# チップスケール原子時計

超低消費電力原子時計 (ULPAC: Ultra-Low Power Atomic Clock)  
 ~インフラ維持管理のための時刻同期不要なセンサネットワークへの応用~

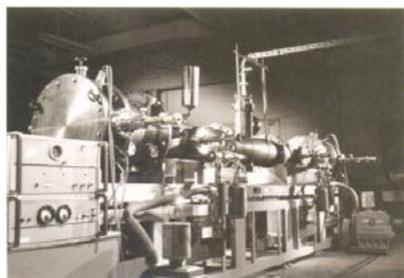
## 基礎研究

## 標準の開発

## 標準の応用

## 実用化・事業化

### 原子時計の発明



セシウム原子の約9.2 GHzの共鳴周波数を利用して、正確な時間を測定するセシウム周波数標準器。

### 原子泉方式一次周波数標準器 (NMIJ-F2)



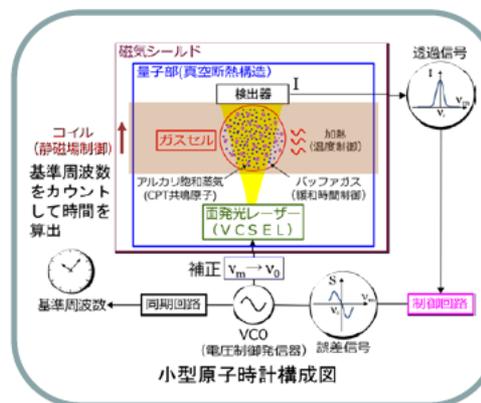
NMIJで開発している、現在の1秒を支える一次標準器。

### 光周波数コム

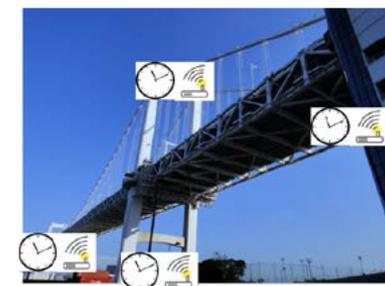


光周波数の高精度な基準。

### チップスケール原子時計



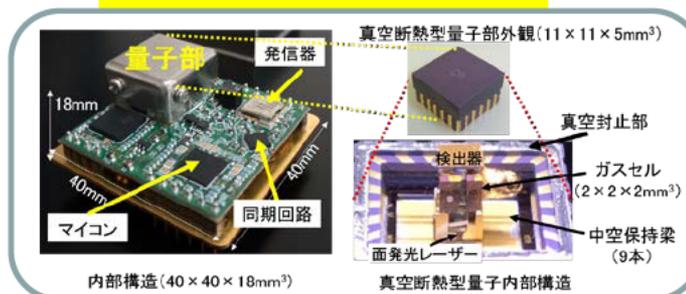
### チップスケール原子時計の利用イメージ



橋梁センシングの同期しているイメージ図

チップスケール原子時計によって、各センサーが同じ時間を保持していることで、構造物全体の揺れや変形を測定可能となる。

### チップスケール原子時計プロトタイプ



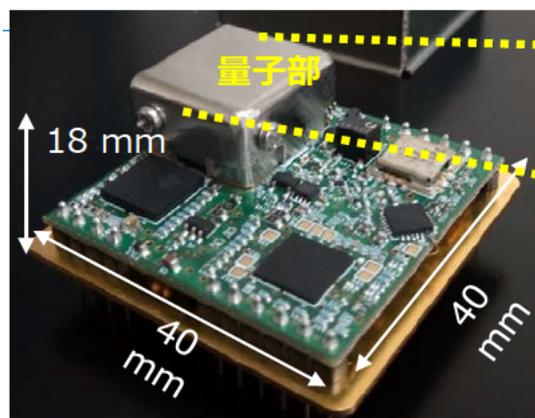
## 小型実用原子時計の開発

### 研究の目的

- GPS受信困難地域において利用可能な、基板搭載用小型 (cm オーダ) ・低消費電力 (mW オーダ) の原子時計実現を目指す。
- 時計のコアとなる超小型セシウム封入セル (ガスセル) を開発する。

### 平成29年度成果

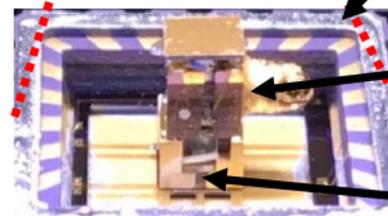
- 環境温度依存性を低減した、外形 2 mm 角の超小型ガスセルを実現。
- NEDOプロで作製するプロトタイプへ搭載、屋外フィールドでの検証実験へ適用。



プロトタイプ原子時計内部構造 (40×40×18 mm<sup>3</sup>)



真空断熱型量子部外観  
(11×11×5 mm<sup>3</sup>)



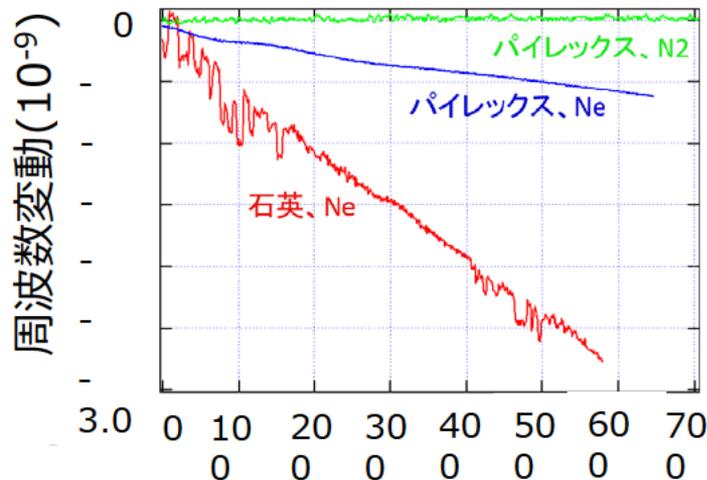
真空封止部

産総研製作ガスセル  
(2×2×2 mm<sup>3</sup>)

VCSEL : 面発光レーザ  
(Vertical Cavity Surface Emitting Laser)

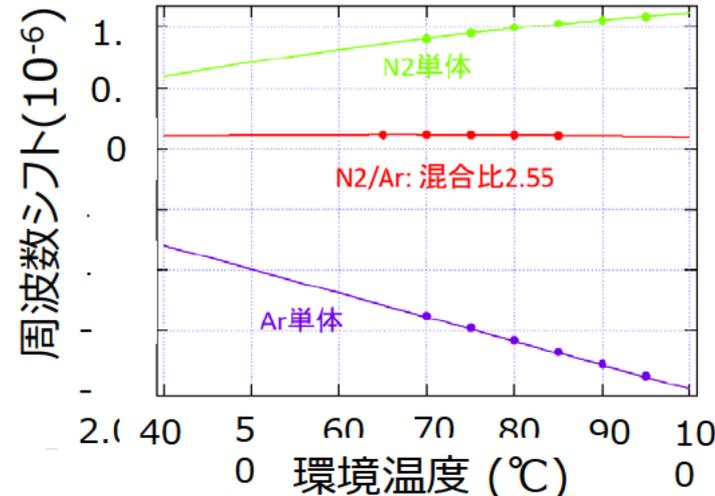
# 小型実用原子時計の開発

【ガスセル内環境安定化技術の開発】



・バファガス種とガスセル素材が周波数安定度に与える影響を定量的に解明

【ガスセル環境温度依存性低減技術の開発】



・温度係数を考慮し混合バファガスを設計することで、Ar単体ガスを利用したときと比べて約100倍の動作可能範囲を実現。

## 技術開発の要点

産総研の[マイクロ波原子時計の技術](#)を応用した、超小型ガスセルの開発、及びその精密評価。  
→実用化への目途を付けると共に、NEDOプロの包括的開発推進を主導。

## アウトカム

・海底資源探査等のGPS信号の活用が困難な環境での、高精度な時間モニタ。  
・インフラ安全診断のセンサーネットワークに必要な簡便・高精度時刻同期網の構築。

## 成果リスト

特許出願 1 件

## 定量NMRに関するトレーサビリティ体系構築のための基準物質の開発

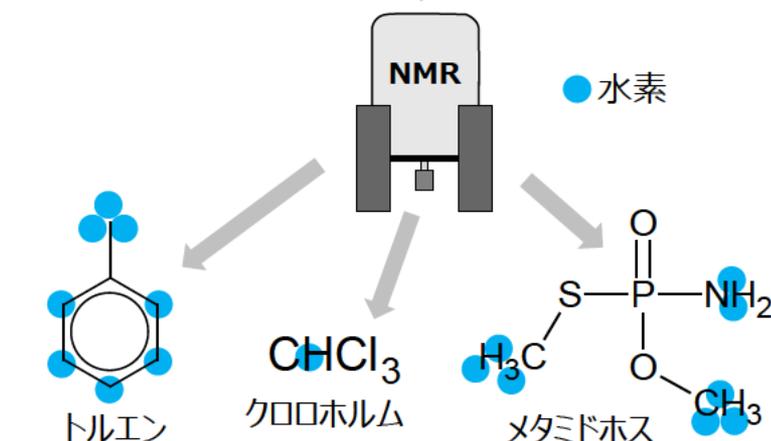
### 研究の目的

- 定量NMR用の最上位の基準物質の開発ならびに基準物質の相互比較で得られた知見の発信により、同法の信頼性向上や国際的な利用促進を図る。

#### 水素核を基準とした例

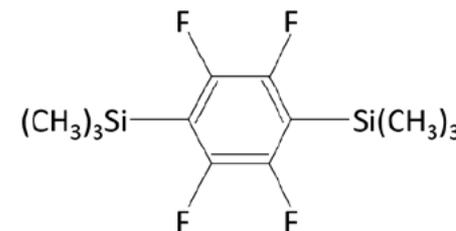
1H信号の基準物質

原子核をものさしとした分子構造に依存しない測定技術



### 平成29年度成果

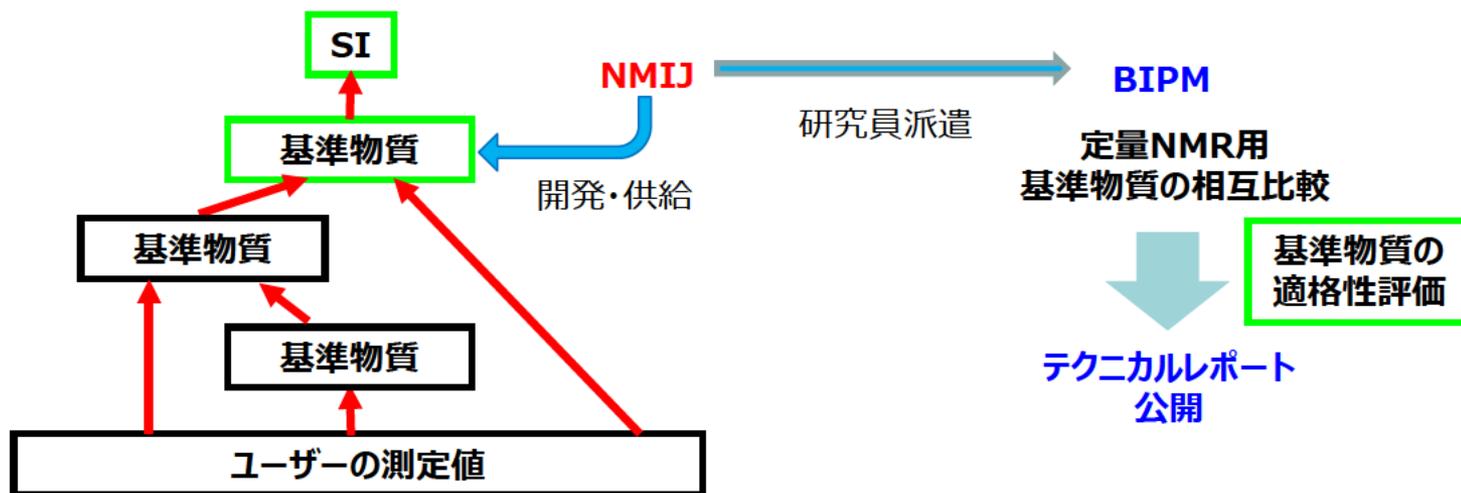
- $^1\text{H}$  NMRと $^{19}\text{F}$  NMRの両者に使用できる最上位の基準物質を開発した。



**BTMSB-F4** : 認証値 ( $0.9998 \pm 0.0003$ ) kg/kg  
 定量NMR用として世界最小の不確かさ

- 国際度量衡局 (BIPM) とのMoUに基づく基準物質の相互比較を実施し、定量NMRへの適格性を評価した。
- 定量NMRの高度化を目的として、国際度量衡委員会物質質量諮問委員会 (CCQM)における国際比較を主催した。

# 定量NMRに関するトレーサビリティ体系構築のための基準物質の開発



## 技術開発の要点

- 定量NMR用の基準物質のための精確な計測技術の開発
- 定量NMR用基準物質（10物質）の適格性評価のためのスキーム構築
- 定量NMRのための国際比較の Protokol 策定

## アウトカム

- 定量NMR用の最上位の基準物質の開発・供給による定量NMRの信頼性向上と国際同等性確立への貢献
- 基準物質の適切な使用のためのテクニカルレポート公開（BIPMのWebサイト）による分析機関における定量NMRの利用促進

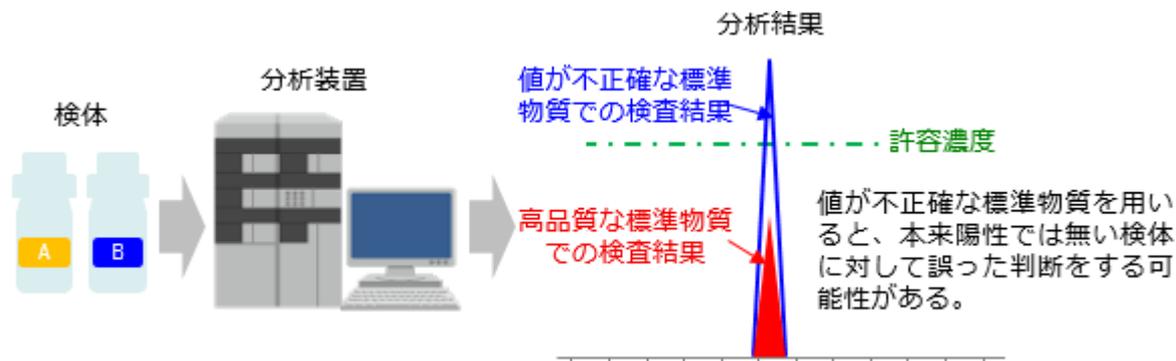
## 成果リスト

定量NMR用認証標準物質：1物質、国際学会：3件

## 定量NMRと標準物質

「ドーピング検査標準研究ラボ」を設立 – スポーツイベントでの正確な検査に貢献 –

産総研が**世界に先駆けて実用化**した定量核磁気共鳴分光法 (qNMR) などの**校正技術をさらに高度化**させて、迅速さと正確さを兼ね備えたドーピング禁止物質の分析技術を開発し、**国際単位系 (SI) にトレーサブルな分析基盤**を構築します。本研究ラボで構築した技術は、NMIJから認証標準物質や校正サービスとして、また、試薬メーカーなどを通じてNMIJトレーサブル標準物質として、検査分析機関に供給する予定であり、オリンピックなどの国際競技大会でのドーピング検査基盤強化への貢献を目指します。



(産総研プレスリリースより抜粋)

[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/news/pr20180702.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/news/pr20180702.html)

発表・掲載日：2017/10/24

# 質量の単位「キログラム」の新たな基準となるプランク定数の決定に貢献

－世界最高レベルの精度でプランク定数を測定－

## ポイント

- 国際キログラム原器の長期的な質量安定性を上回る精度でプランク定数を測定
- 科学技術データ委員会による、キログラムの新たな定義に用いられるプランク定数の決定に貢献
- およそ 130 年ぶりのキログラムの定義改定に貢献する歴史的な成果

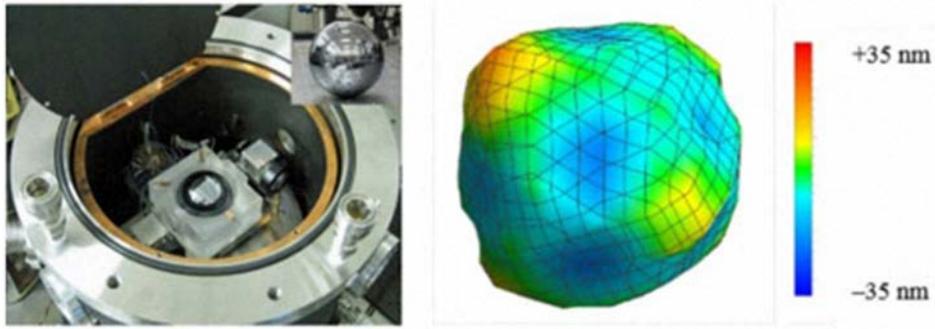
## 概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】（以下「産総研」という）[工学計測標準研究部門](#)【研究部門長 高辻 利之】藤井 賢一 首席研究員、同部門 質量標準研究グループ 倉本 直樹 主任研究員、水島 茂喜 主任研究員、[物質計測標準研究部門](#)【研究部門長 高津 章子】表面・ナノ分析研究グループ 張 ルウルウ 主任研究員らは、シリコン単結晶球体の超精密な形状計測を通じて、[基礎物理定数](#)の一つである[プランク定数](#)を世界最高レベルの精度で測定し、キログラムの定義改定に向け大きく貢献した。

キログラムは現在、世界に一つしかない分銅「国際キログラム原器」の質量と定義されている。しかし国際キログラム原器の質量は、長期的には表面の汚染などによって変動してしまうことがわかってきた。そのため、普遍的な基礎物理定数に基づいた定義に改定すべく、基礎物理定数を国際キログラム原器の質量の長期安定性よりも高い精度で決定するための研究が各国で進められてきた。その結果、プランク定数に基づく新たなキログラムの定義に移行するかどうか、2018 年に審議されることとなっている。

今回、産総研では超高精度の[レーザー干渉計](#)と表面分析システムを用いて、直径約 94 mm のシリコン単結晶球体の形状を 1 nm 未満の精度で測定することで、プランク定数を世界最高レベルの精度で測定した。さらに、[科学技術データ委員会（CODATA）](#) は、産総研や複数の海外の研究機関のプランク定数の高精度測定結果に基づき、キログラムの新しい定義に用いられるプランク定数の値を決定した。わが国が[国際単位系（SI）](#)の基本単位の定義の決定に直接関与するのは初めてであり、約 130 年ぶりとなるキログラムの定義改定に貢献する歴史的な成果と言える。

なお、CODATA によるプランク定数の決定の詳細は、2017 年 10 月 21 日（現地時間）に英国物理学会誌 *Metrologia* に Accepted Manuscript として掲載された。



産総研で開発したシリコン単結晶球体の形状を高い精度で測定するレーザー干渉計（左）と、直径測定値の、平均直径からの偏差を表示した球体形状三次元図（右）

国立研究開発法人 産業技術総合研究所ウェブサイトから

発表・掲載日：2018/07/02

## 「ドーピング検査標準研究ラボ」を設立

－スポーツイベントでの正確な検査に貢献－

### ポイント

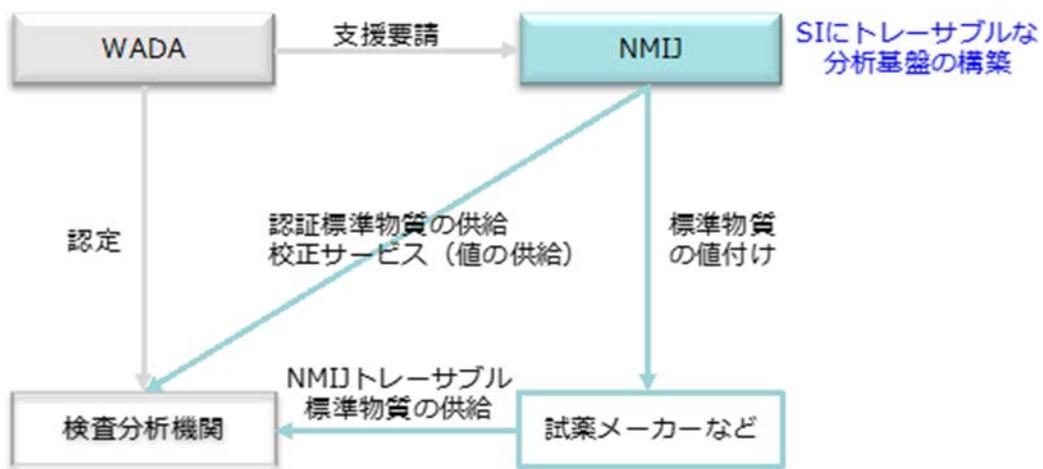
- ドーピング禁止物質の迅速で正確な分析技術の開発に着手
- オリンピックなどにおける検査の信頼性を計量学的に支援

### 概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】（以下「産総研」という）計量標準総合センター【総合センター長 臼田 孝】（以下「NMIJ」という）は、平成 30 年 7 月 1 日に「ドーピング検査標準研究ラボ」を立ち上げ、ドーピング検査における分析値の信頼性向上に資する研究を行います。

国際競技大会に出場する選手などが対象となるドーピング検査は、世界アンチ・ドーピング機構（WADA）が公示するドーピング禁止物質のリストに基づいて行われています。近年、ドーピングの多様化によって禁止物質は増え続けており、現在は数百種類にも及びます。ドーピング検査に用いる分析装置の目盛付けには禁止物質と同じ種類の標準物質が必要ですが、禁止物質には大量合成が難しい代謝物なども多く、必要となる標準物質を常備することは容易ではありません。信頼性の高いドーピング検査結果を得るには、計量学的に高品質な標準物質の拡充が不可欠であり、2020 東京オリンピック・パラリンピックなどでの検査基盤強化の一環として、WADA から産総研に計量学的な支援の要請がありました。

そこで本研究ラボでは、産総研が世界に先駆けて実用化した定量核磁気共鳴分光法（qNMR）などの校正技術をさらに高度化させて、迅速さと正確さを兼ね備えたドーピング禁止物質の分析技術を開発し、国際単位系（SI）にトレーサブルな分析基盤を構築します。本研究ラボで構築した技術は、NMIJ から認証標準物質や校正サービスとして、また、試薬メーカーなどを通じて NMIJ トレーサブル標準物質として、検査分析機関に供給する予定であり、オリンピックなどの国際競技大会でのドーピング検査基盤強化への貢献を目指します。



国立研究開発法人 産業技術総合研究所ウェブサイトから