

# 量子技術イノベーション戦略見直し検討WG会議 — 量子計測・センシングの産業化について —

2022年2月24日

株式会社 島津製作所  
篠原 真

# 島津製作所概要

**社 是** : 科学技術で社会に貢献する

**経営理念** : 「人と地球の健康」への願いを実現する

**創 業** : 1875 年3月

**設 立** : 1917年9月

**資 本 金** : 226億円

**連結売上高** : 3,935億円

**営業利益** : 497億円 (利益率12.6%)

**連結従業員数** : 13,308名

**連結子会社** : 74社 (国内24社, 海外50社)

2021年3月31日現在



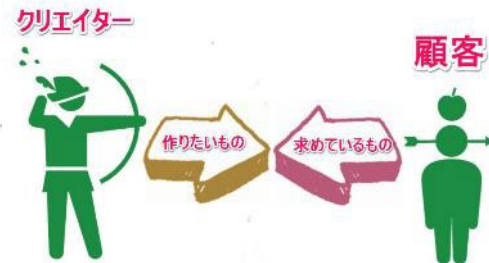
## 島津製作所の量子センシングへの取組

下記の量子センシングに関するプロジェクトに参画、研究成果の**社会実装による事業化**を目指している

プロジェクト (下段は期間)	共同研究先	経緯	アウトプットイメージ
JST未来社会 2018-2028	香取秀俊先生 東京大学/理化学研究所	2018年より「クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築」プロジェクトに参画 2022年度より商用機開発フェーズに移行	<ul style="list-style-type: none"> <li>一次周波数基準器（標準時間）、GPS、電子基準点などに適用される<b>超高精度時計</b></li> <li>測地、地震、資源探査に利用される<b>重力ポテンシャル計測器</b></li> </ul>
Q-LEAP 2018-2028	竹内繁樹先生 京都大学	2018年よりQ-LEAP基礎基盤プロジェクトに参画、 <u>波長変換素子</u> の開発を開始	高感度な小型量子 <b>赤外分光装置</b> への適用
CREST 2016-2021	竹内繁樹先生 京都大学	2016年より量子OCT用の <u>波長変換素子</u> の供給に着手 2020年度よりプロジェクトに参画	量子計測の <b>基礎技術の分析装置</b> への適用

開発の結果；

「見えなかったものが見える」はユーザー価値か



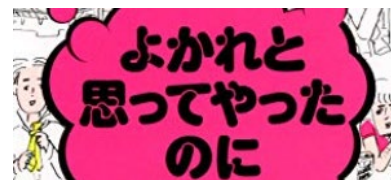
## 計測系の事業で散見されるケース

- 今まで見えなかった別の現象も見えてしまい、仕事を増やしてしまう。
- 病気の診断はできたが、決め手になる治療法がない。

## 対策

現象の見える化がユーザーの利益につながる。

コンセプト段階から顧客と共同開発する。



# 量子技術を用いた計測の事業化

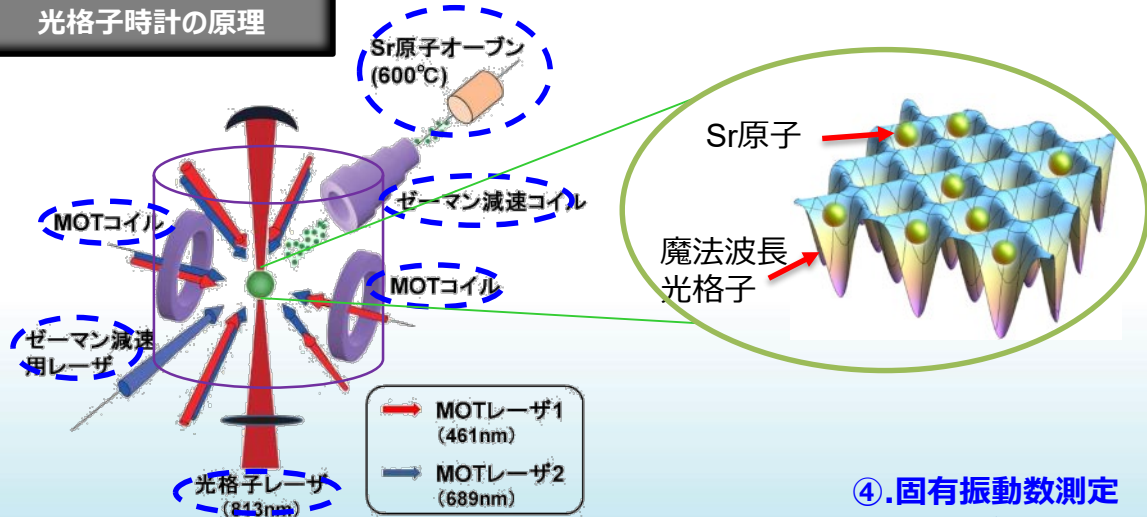
事業化は容易ではないが、需要はある。1 企業だけでの事業化は困難。

量子技術	用途	事業化
光格子時計	地震予知	企業BCPプラン、スマートcity、損害保険
光格子時計	噴火予知	企業BCPプラン、スマートcity、損害保険
精密分光計測	同位体元素の超微量計測	化石/非化石の認証
精密分光計測	生体計測	スマホ等に組み込み、健康管理

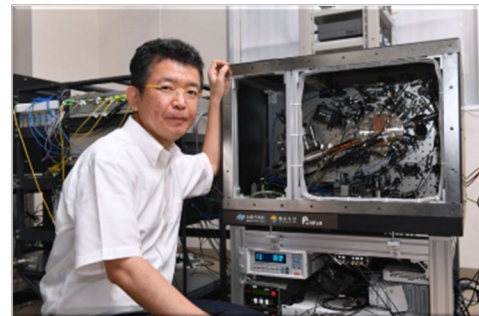
# 光格子時計 新たな時間標準 + 新たな計測装置

- 魔法波長の光格子により大量の原子を安定にトラップし固有振動を精密測定  
→ 300億年で1秒も狂わない超精密時計を実現
- 相対性原理により、1 cm精度での重力高低差を計測をできる

## 光格子時計の原理



- ①.原子を蒸気化
- ②.原子をレーザー冷却 (ゼーマン減速+磁気光学トラップMOT)
- ③.光格子トラップ
- ④.固有振動数測定



光格子時計を発明した  
東京大学教授 香取 秀俊  
先生と光格子時計

2021年ブレイクスルー賞  
基礎物理学部門を受賞



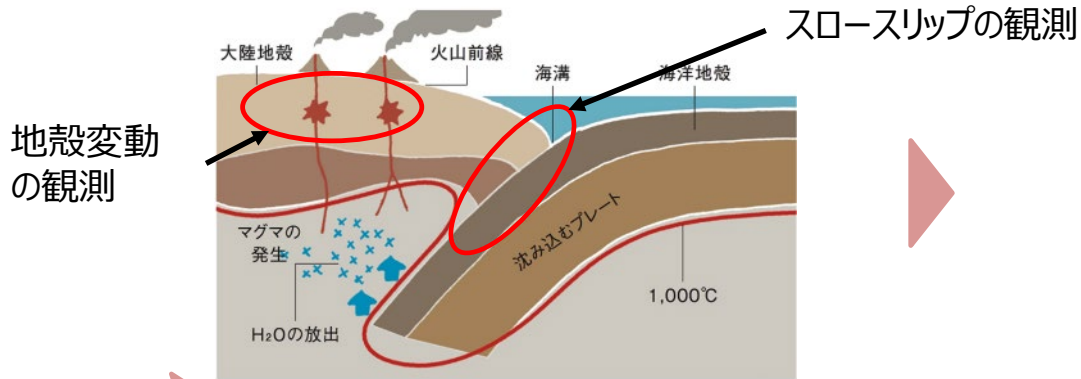
地殻変動の現地計測を可能にする  
小型可搬光格子時計を開発中

JST未来社会創造事業  
「クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築」

参画機関：東京大学、理化学研究、NTT他



# 光格子時計 - 安全・安心な社会実現に向けて



地殻変動の観測

スロースリップの観測

Peaks 考察!山はどのようにしてできるのかより



原子力発電の安定運転



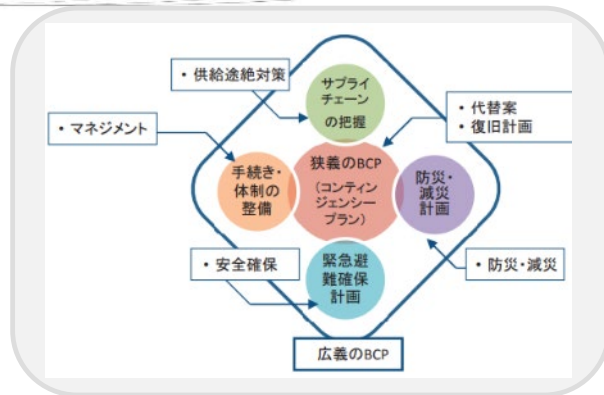
防災が整った安心・安全なスマートシティ

相模経済新聞記事より

持続可能な都市づくり

カーボンニュートラルへの貢献

日本経済新聞電子版(2020.11.25)より

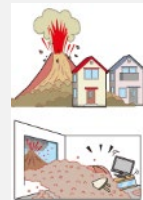


企業BCPへの活用  
防災/安全確保

日本自動車部品工業会資料より



地震による倒壊



噴火による埋没

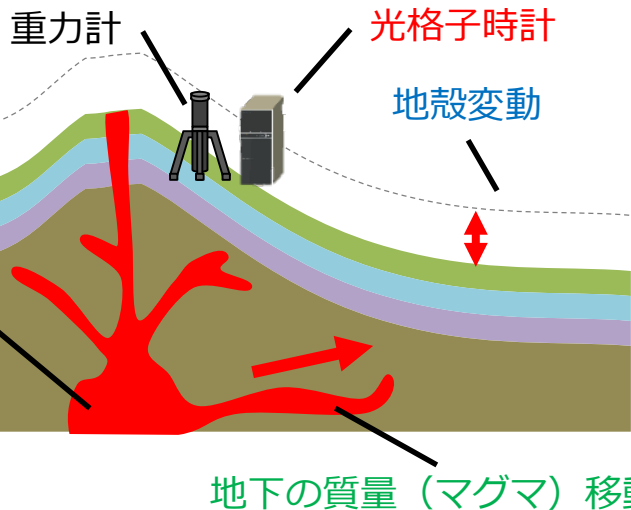
損害保険への活用

あいおいニッセイ同和損保のHPより

# 光格子時計による火山噴火予知

火山噴火前には予兆現象としてマグマの移動や地殻変動（山体膨張）があるとされており  
重力計による重力測定と光格子時計による標高測定を組み合わせることで予兆現象を捉え、火山噴火を予知

## 光格子時計による火山噴火予知



### 重力計で観測される重力変化

地下の質量 (マグマ) 移動による重力変化 (uGal)  
 + 地殻変動の標高変化による重力変化 (uGal)  
 (※測定値には二つの変化の合算が表れる)

### 光格子時計で観測される標高変化

地殻変動による標高変化 (mm~cm)  
 (※地下質量にはほとんど影響されない)

重力測定と光格子時計の標高測定を組み合わせることで  
 マグマ移動と地殻変動を解析的に分離可能  
 ⇒噴火の予兆現象をより正確に捉えることができる

光格子時計と重力計を組み合わせることで火山噴火予知ができる可能性



# 火山噴火予知によるメリット

## 的確な避難開始による人的被害軽減

噴火による人的被害を避けるためには迅速な避難が必要  
ただし避難開始の判断は遅すぎると間に合わず  
早すぎても出戻りなどが発生するおそれあり

⇒正確な噴火予知ができれば的確な避難判断が可能

## 火山灰降灰時のBCP（事業継続計画）への活用

富士山噴火時の被害総額 **2.5兆円（内閣府見積）**  
そのうち産業の操業停止による損害は0.9兆円

⇒噴火の時期と規模などがより正確に把握できれば  
企業のBCPへ組み込み、操業停止状態を回避できる

## 富士山噴火時の経済損失内訳

被害の項目	被害額（百万円）
避難	—（約7,800人）
健康障害	—（約1,250万人）
建物被害	19,576
交通	68,743
ライフライン	44,840
農林水産業	896,933
操業停止	899,701
観光業	143,293
洪水・土石流	454,266
総額	<b>2,527,351</b>

参考：富士山ハザードマップ検討委員会報告書（2004）

# 火山噴火・地震による災害 - 損害保険

## 地殻変動/火山活動による災害のリスク



トンガ沖での海底火山の噴火  
(2022年1月)

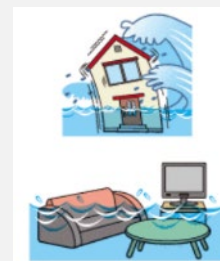
BBC News/Japan(2022/1/16) より



地震による倒壊



噴火による埋没



津波による水没

あいおいニッセイ同和損保のWEBより

## 地殻変動/火山活動のモニタリング

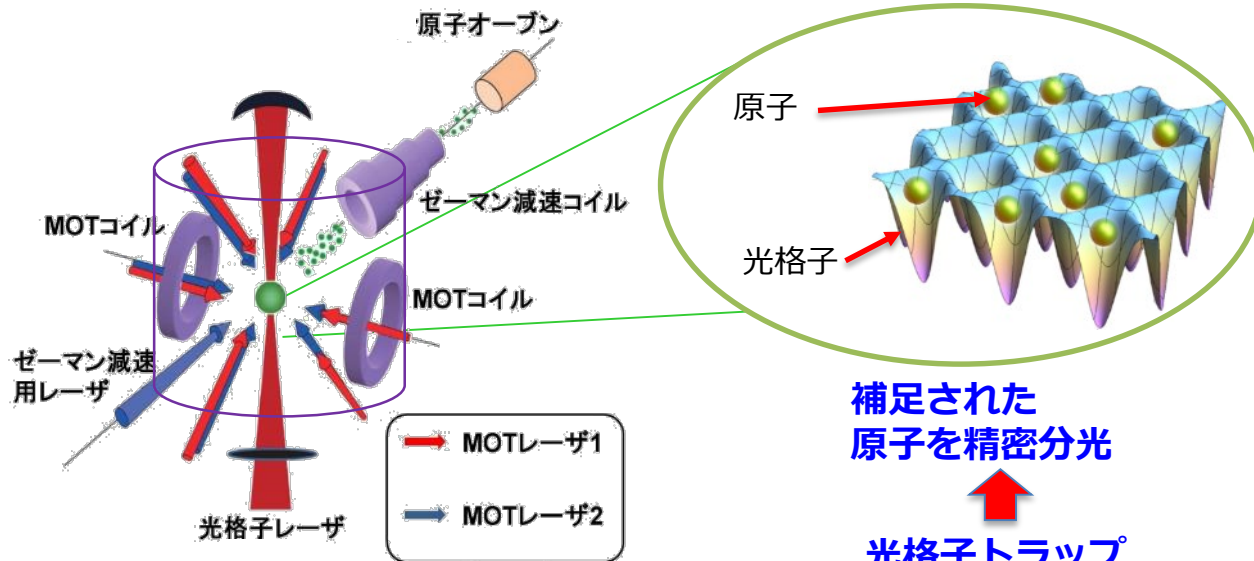
## 損害保険料の適正な設定

対策を取れる地域ではより安い保険料の設定ができる可能性

# 光格子 - 原子トラップによる精密分光

レーザー冷却により、原子を選択的に分離し、光格子で補足して測定する

➤ Pptレベル( $10^{-12}$ )以下の極微量同位体検出 など



試料を蒸気化



原子をレーザー冷却  
(ゼーマン減速+磁気光学トラップMOT)



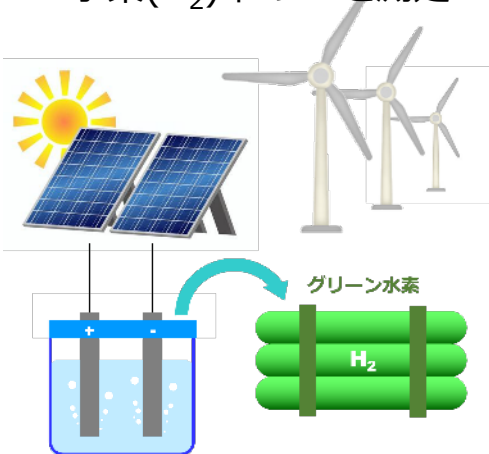
光格子トラップ



光格子トラップ型  
量子コンピュータ?

## グリーン水素の識別

水素( $H_2$ )中の $^3H$ を測定



# 脱炭素社会における「カーボン収支」と「非化石認証」

将来、カーボン収支が**国際会計基準**に組み込まれる

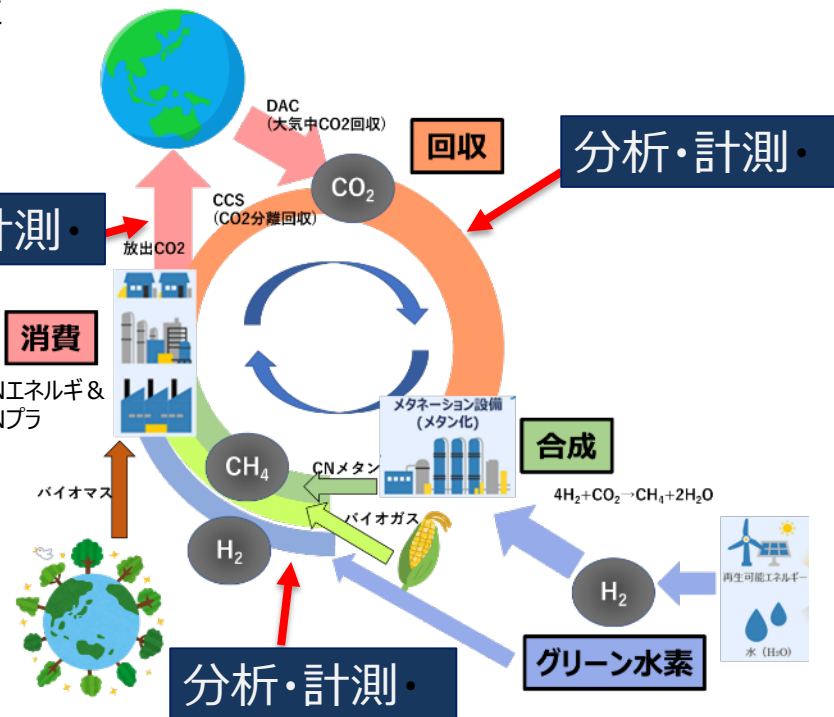
- 基幹システムと連携したカーボン収支の証明制度の必要性
- 非化石カーボン、グリーン水素の真贋認証
- 回収したカーボン、製造した水素の品質/量の証明

現状、CO2回収事業（やメタン合成事業）や中心で、認証制度に手が回っていないが、**現金と等価を証明する、横串として認証目的の計測が必要ではないか。**

**加速器マスを使った方法ではコストが高すぎる。**

**一方、材料/エネルギー企業が計測を望まない可能性はある。**

グリーンの主役である材料、エネルギー、モビリティ企業が望んでいることと、国益をマッチングさせる計測インフォマティクスを企画・提供



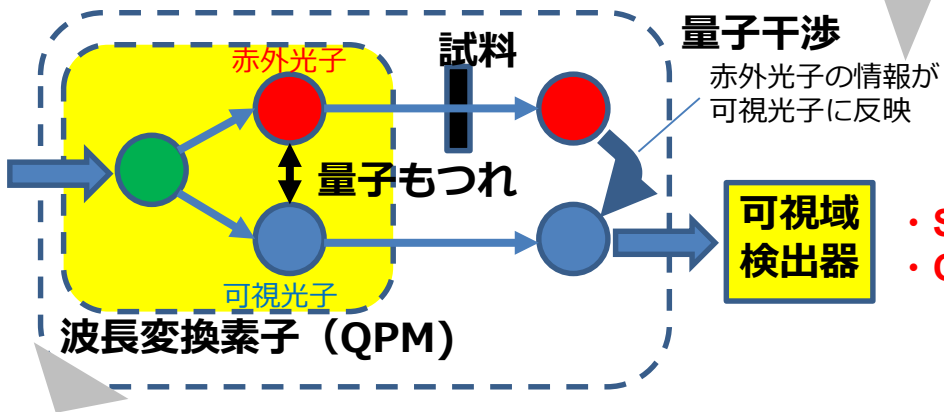
# 量子もつれ - 量子赤外分光

## 量子もつれ赤外分光の原理

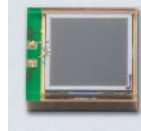


量子もつれ光子対 (イメージ図)

レーザー光



高感度・高解像度可視光センサーによる赤外情報検出！



浜松ホトニクス社のHPより

- ・ Siセンサー
- ・ CMOSイメージセンサー

日本の高い半導体技術が利用可能

日本が強みを持つQPM素子により高効率な量子もつれ光の発生

## 赤外分光の新しい形

- ・ 京大が研究開発でリード（ドイツ、シンガポールが猛追）
- ・ 製品およびアプリ開発はこれからの課題 → **世界初の製品化を目標**

超小型量子FTIR

スマートフォンに接続可能な超小型分光器（イメージ図）

一般ユーザに市場拡大

e-コマース、パーソナルケア分野に展開

# 量子センシング技術戦略への取り組み

## 【量子センシングによるイノベーションへの期待】

期待が先行しており、ポテンシャルは未知

- ・量子センシング技術で初めて可能になる測定方法、測定対象を確実に示していくことが重要
- ・ただし、他国にイニシアティブを取られてからでは手遅れ

### 海外の状況

#### 光格子時計

欧米・中国にて国を挙げて開発

#### 量子赤外分光

Fraunhofer (ドイツ)  
Humboldt大 (ドイツ)  
シンガポール

量子コンピュータ、量子通信に限らず、量子センシングの研究においても海外では  
国の機関とともに実施しているところが多い

国の戦略によるサポートで量子技術の土壌を育み、技術の底上げする制度の充実が望ましい  
(コンピュータや通信分野だけでなく、センシングに対してのサポートに期待)



# 今後の産業化に向けての課題

【すそ野を広げるプレイヤーを増やす】

サイエンス

量子センシング技術の  
技術的価値  
(学術的研究)

結びつける発想

エンジニアリング

量子センシング技術の  
産業的価値  
(アプリケーション)

結びつける発想が弱いため、パートナーとしての企業が興味をしめさないのではないか

技術的価値と結びつくキラーアプリが重要

【大学・研究機関】

学術的に見地からの応用用途の提案  
10年後を見据えたロードマップ（何ができそうかを示す）の提示とその実現可能性を記す

結びつける

【企業】

現技術の課題  
分析計測がしたい案件

# 課題を解決するために国がなすべき方策についての提案・要望や、 大学・研究機関に期待すること

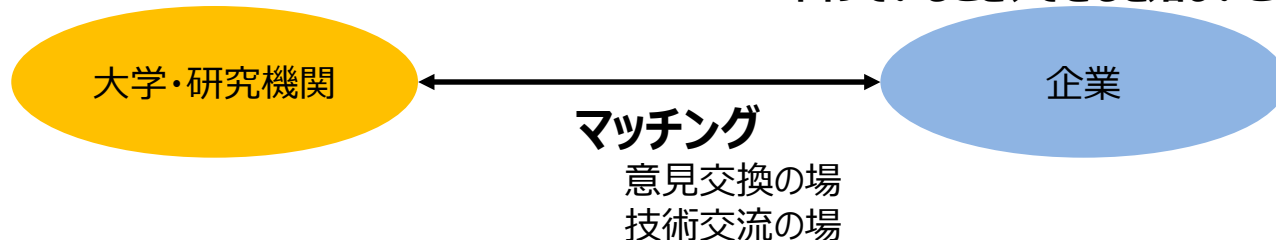
## 【学術的な基盤の強化】

- ・基礎研究分野と社会実装を視野に入れた研究の両輪の強化
- ・長期的スパンでの研究費補助による安定した研究基盤の確保  
Qleapのような10年スパンのプロジェクト等

## 【研究機関と企業とのマッチング】

サイエンスとして  
できること、できそうなことの提案

エンジニアリングとして  
困っていること、できると嬉しいことの提示



## 【大学・研究機関への期待】

量子センシング技術で可能になる未来の夢を語って欲しい – 原理的に可能であれば良い

E N D