

# 固体量子センサの研究開発の現状と今後の課題

## 量子センサ拠点

- Q-LEAP量子計測・センシング技術領域 量子固体Flagship -

東京工業大学工学院電気電子系 教授  
(QST)量子ビーム科学部門研究統括

波多野 睦子

# Executive Summary

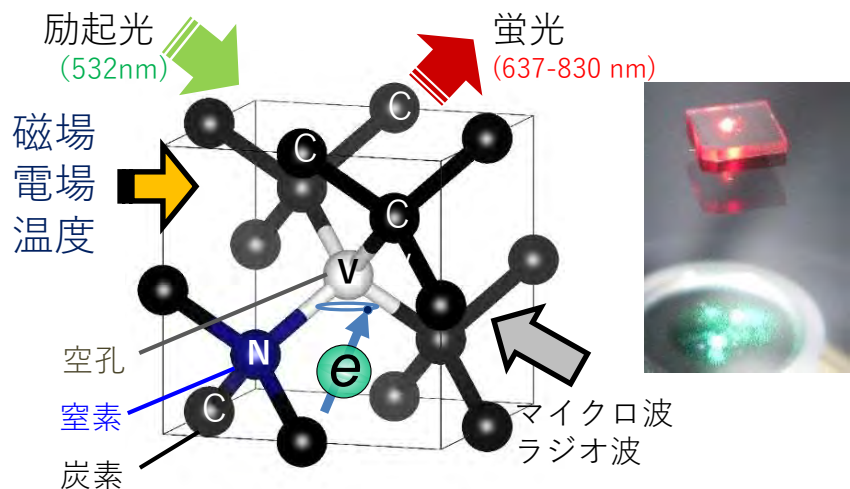
1. Q-LEAP FS 固体量子センサは、超スマート社会を足掛かりに未来社会の主角を狙う
  - ・融合領域の量子を社会実装するためには、分野やレイヤーを横断し、産官学連携、プロトタイピング(TRL6)により、まずはポテンシャルと課題を検証。Testbed構築、センサモジュールにより裾野拡大。
  - ・量子計測の高度化、材料などの基礎基盤、周辺技術の構築を上記と並行して加速。
2. 量子ネイティブ人材の育成
  - ・シニア(特に高度アナログ技術)も含めたダイバーシティが重要。
  - ・応用と基盤技術をつなぐセンサシステムレイヤは最重要であるにもかかわらず、論文投稿が困難でアカデミアの人事評価とのミスマッチが課題。
3. 量子科学技術に投資されている海外との国際連携
  - ・グローバルな共通プラットフォーム構築、最先端設備の相補活用。懸案は先方と連携している企業への対応、知財などのルール。
  - ・多様でダイナミックな教育プログラムの共有化(DDも含む)。
4. 今後は新規参入の企業やアカデミアに対して柔軟に機能する研究エコシステムが必要
  - ・知財プラットフォーム、Testbed構築、標準化推進等により、参加企業とともに国際競争力を強化。
  - ・室温での量子操作の特徴を活かし、量子の導入・教育システムとしての展開。
  - ・若手・学生などからアイデアを発掘し、スタートアップを起業する機会が必要。
  - ・エコシステムでは多様な人材の流動性を重視し、キャリアアップを促進。

1

## Q-LEAP 固体量子センサFSの背景

# NVセンタは高い操作性と長いコヒーレンスを誇る ダイヤモンド中のスピン量子ビットの特徴

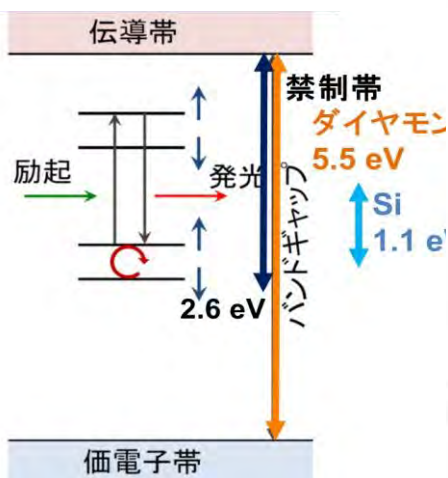
## NVセンタ構造



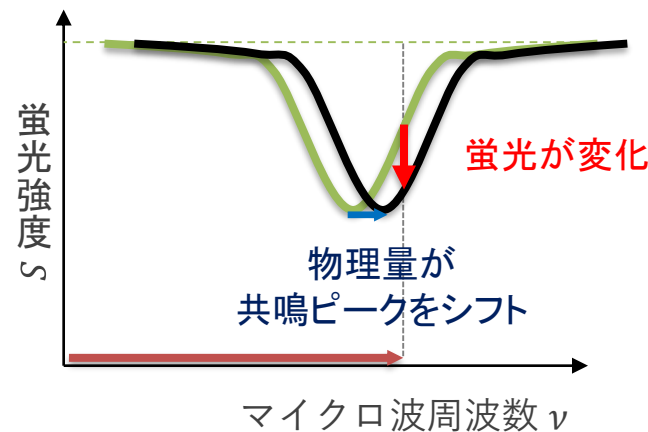
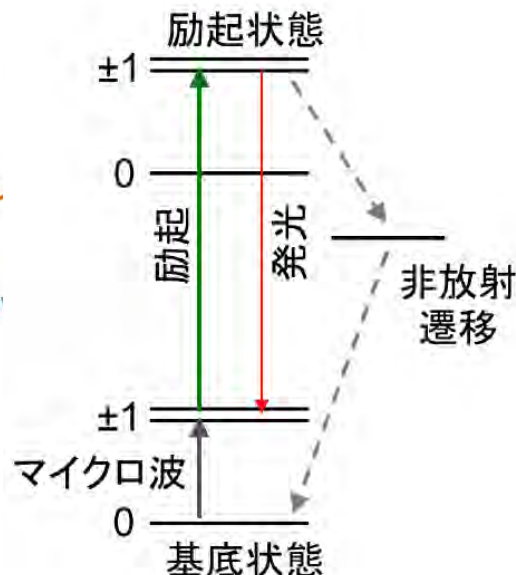
## NVセンタの強み

- 室温・大気圧下で動作: 固体中電子スピン系で最長、ミリ秒のスピンコヒーレンス
- スピン状態の初期化、操作、検出により磁場/電場ベクトル、温度、圧力の高感度センサ
- 光検出磁気共鳴(ODMR)によるイメージング
- ナノスケール計測
- アンサンブルによる高感度化

## エネルギー準位



## 光検出磁気共鳴 (ODMR)



# 1 感度・空間分解能向上により応用が拓ける 固体量子センサの性能とターゲット（例）

磁気感度  
[(Hz)<sup>-1/2</sup>]

創薬、免疫検査、再生医療

非侵襲計測、検査

1  $\mu$ T

ナノスケール

1nT

1pT

1fT

1nm

10nm

100nm

1  $\mu$ m

10  $\mu$ m

100  $\mu$ m

空間分解能



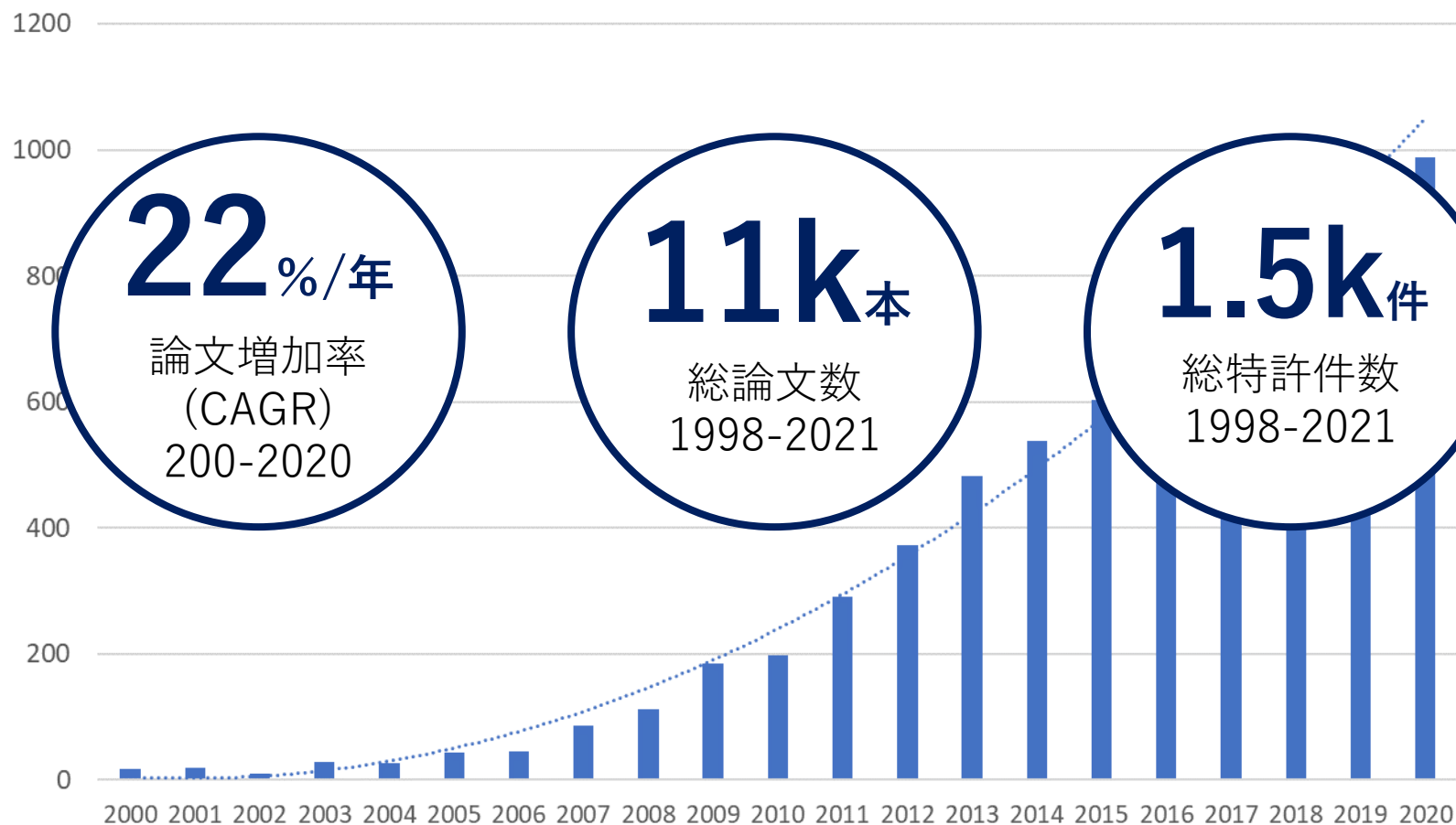
生命・物性・材料計測

マクロスケール

# 固体量子センサの成長株

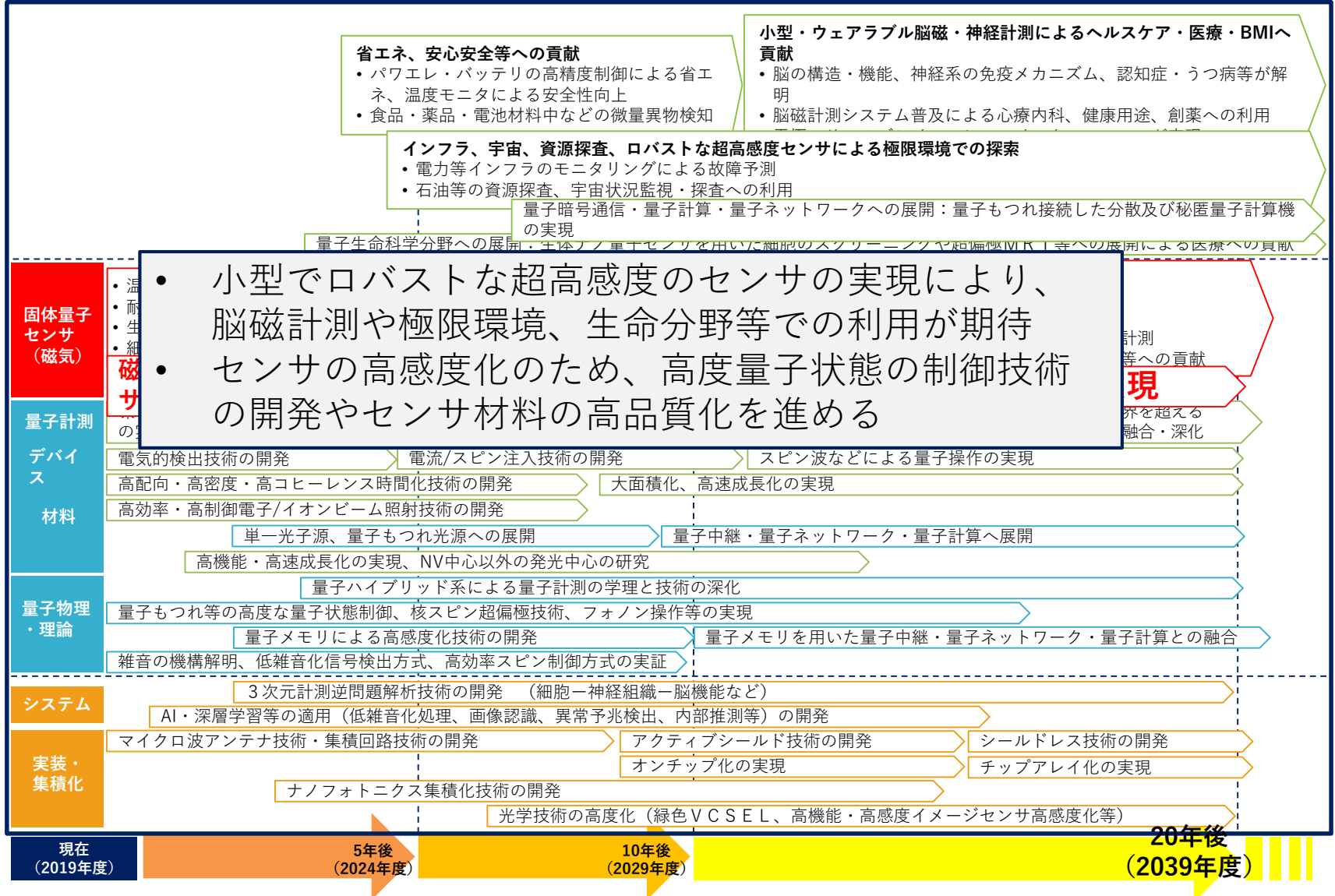
## 研究の盛り上がりの根拠

### NV Center論文数



# 官学連携してロードマップを策定→ 企業が参画し、リアルタイムでの改訂が必要

## 参)2020年統合イノベーション戦略推進会議「量子技術イノベーション戦略」



2

## Q-LEAP 固体量子センサFSの現状と今後の課題



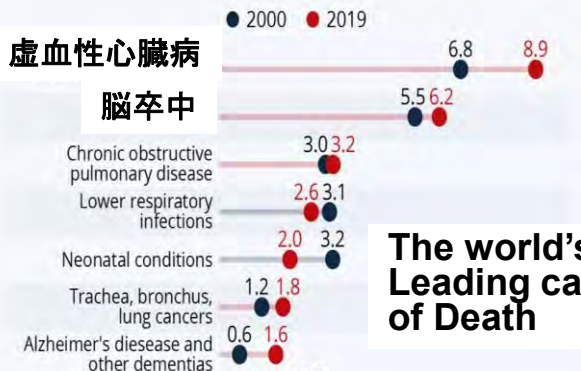
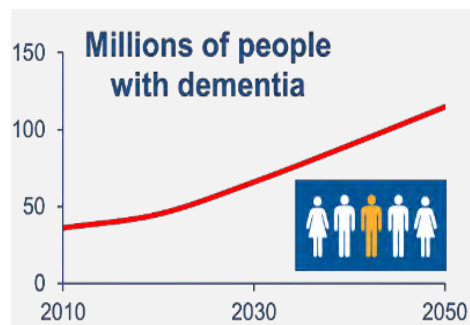
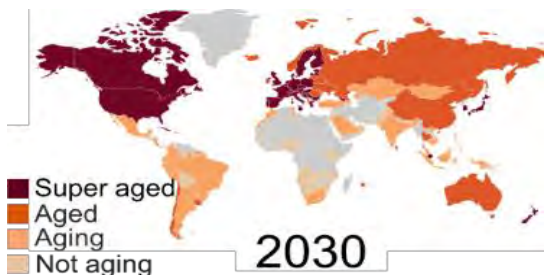
# 量子センサの活躍が求められる社会が目前に迫る

## 固体量子センサで解決を狙う社会課題



### 超高齢化社会

認知症・心疾患増加  
ヘルスケア・早期診断の需要増加

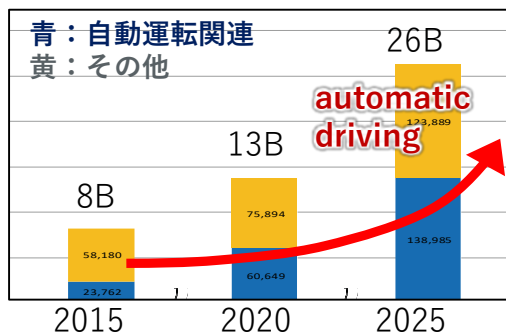
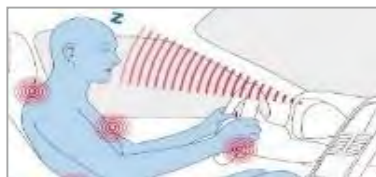


The world's Leading causes of Death



### 安心・安全社会

高度IoT+AIによる  
新たな付加価値創出の需要増加



WW driver monitor market > 200M USD in 2025.

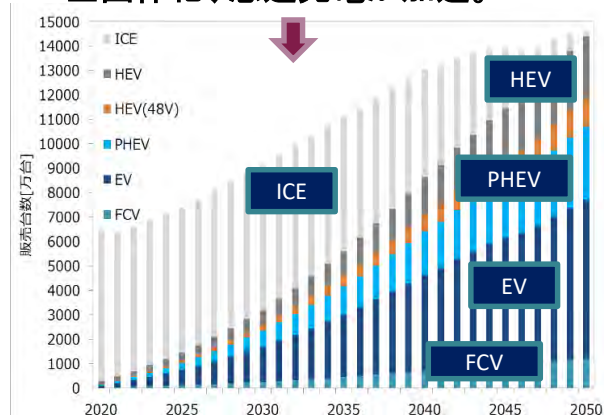


### 低炭素社会

エネルギー（バッテリー, パワエレ等）  
Green transformationの需要増加



2030年のEV販売台数は約2千万台  
全固体化、急速充電が加速。



世界の自動車販売台数予測



# MEXT Q-LEAP 固体量子センサ Flagshipプロジェクト 基礎物理・物性・材料デバイス・システム・応用の連携研究



# 産官学連携実験環境の構築（東工大@大岡山）

- ・企業・国研の若手を中心に集結し、連携活動→企業サイトでプロトタイプの試験開始
- ・共通集積化技術によるエコシステム構築
- ・他の応用展開も検討、量子センサのポテンシャルユーザの開拓
- ・応用とつなぐ、また基礎基盤の要素技術とつなぐ役割

## 日立【プロト応用】

- ・ 神経細胞組織計測開発
- ・ 走査プローブ型顕微鏡

## 東工大【センサシステム】

- ・ 高感度・低ノイズ計測技術開発
- ・ 新規量子計測技術の開発
- ・ 小型・集積化



## 量研【プロト応用】【基盤技術】

- ・ SiCパワーデバイス計測開発
- ・ 共焦点顕微鏡

## 矢崎・デンソー【プロト応用】

- ・ 電池・運転者モニタプロトモジュール開発
- ・ 磁場・温度制御評価系

企業のサイトで試験開始

応用展開の検討  
量子センサのポテンシャルユーザ

共通集積化  
エコシステム