

イノベーションジャパン2020 CRDSセミナー

DXが変える・DXで変わる 研究開発の姿



# サイバーフィジカル融合を高度化するデータ取得 ～センシング・ロボット技術の活用～

2020年9月28日～11月30日

ナノテクノロジー・材料ユニット 馬場 寿夫



国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター  
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

# 目次

## 1. 背景

- 良質のデータ取得に向けた課題

## 2. IoTにおける多様なセンサデータの取得

- センサ技術（物理センサ、化学センサ）

## 3. 研究開発用ロボットによる実験データの取得

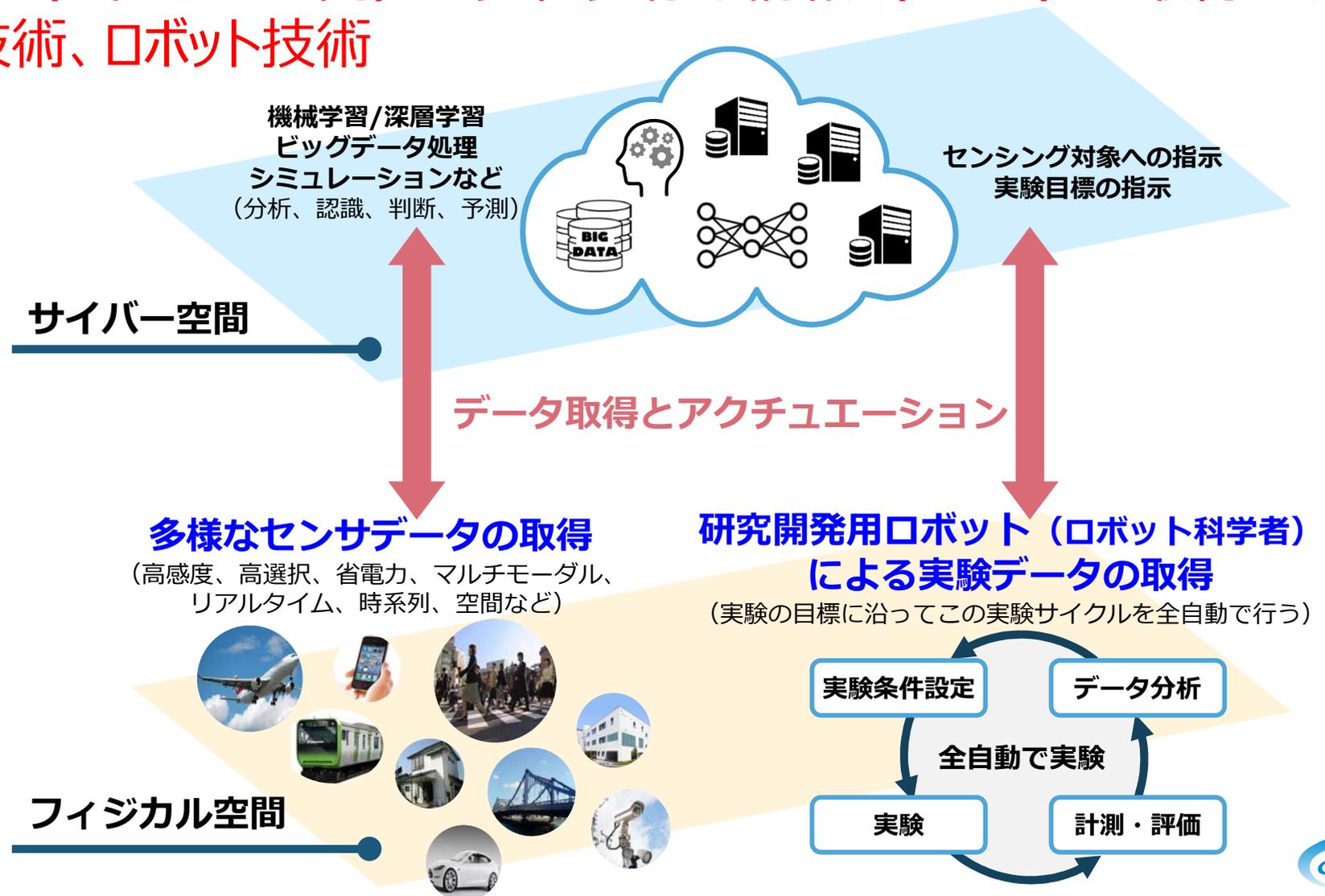
- 材料分野およびライフサイエンス分野における取組

## 4. まとめ（今後に向けて）

# 1. 背景

## 高度なサイバーフィジカルシステム (CPS) の構築

- 人工知能などの新たな情報処理技術
- 高速大容量のネットワーク技術
- 現実の世界 (フィジカル空間) の多種多様な情報 (データ) を取得するセンシング技術、ロボット技術



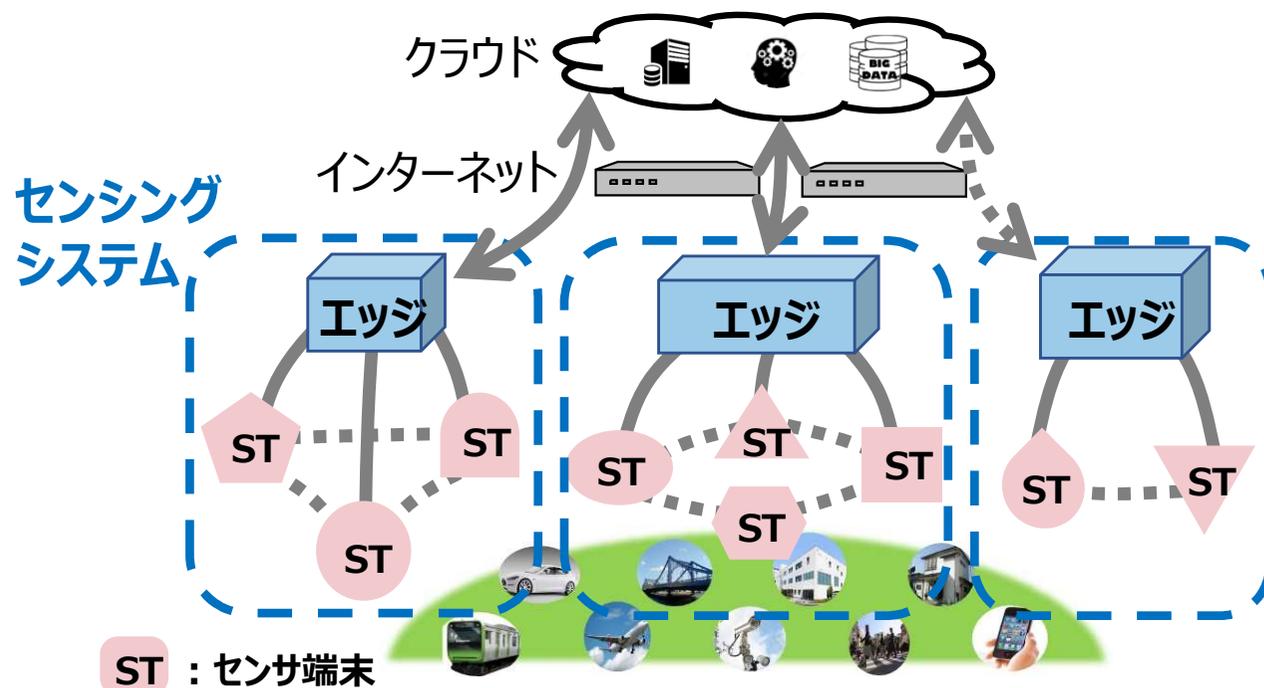
# 良質のデータ取得に向けた課題

## ◆IoTにおける多様なセンサデータの取得

- **センサ性能の向上**（高感度、低消費電力、高選択、高信頼、低コスト）  
**新たなセンサ技術の開発**（物理センサ + 化学センサ）
- センサ端末の最適化・高機能化（センサ制御、データ前処理・圧縮、小型・集積化）
- センシング情報の統合的処理（多様なセンシング情報からより高次の情報を導出）

### ☆応用分野

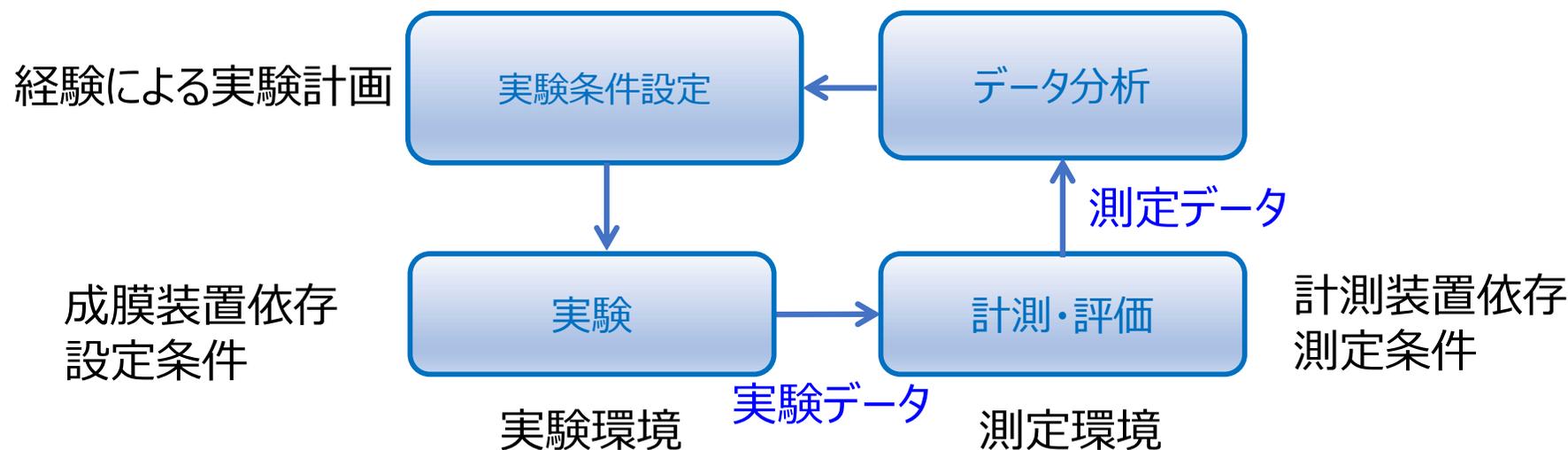
- 自動運転
- スマートファクトリー
- 社会インフラ
- ライフ・ヘルスケア
- スマート農業
- **研究開発**



# 良質のデータ取得に向けた課題

## ◆ 研究開発における信頼性の高いデータの取得

- 実験装置（成膜、計測・評価など）の特性把握（構造、機構・性能、ばらつきなど）と安定化
- 実験環境の正確な把握（温度、湿度、残留ガスなど）
- **実験手法・条件の統一**（人による実験のやり方、管理するパラメータなど）



研究開発における実験データ取得のサイクル

## 2. IoTにおける多様なセンサデータの取得

取得するデータの範囲・種類の拡大への対応

### IoTに向けたセンサへの要求

高感度

低消費電力

小型

高信頼性

高選択性

低コスト

#### ◆物理センサ

- すでに多方面で実用化（MEMS技術、イメージセンサなど）
  - ・音、圧力、加速度、画像・映像など
- 研究開発の動き
  - ・さらなる高感度化・低消費電力化・小型化・低コスト化の追求
  - ・新しい利用方法、動作原理の追求

#### ◆化学センサ（バイオセンサ、ガスセンサ、においセンサなど）

- 安定性・再現性・耐久性に課題、実用化に遅れ
- 医療・健康、環境計測、農業・食料、などの分野への期待
  - ・課題の克服、非侵襲、高選択性などを目指した新たな原理の追求

# 新たな物理センサの研究開発事例

## 自動運転（走行状態把握、位置・距離情報取得）

### ➤ ジャイロセンサ

- ・自動運転には高いバイアス安定度が要求
- ・これを低コスト化が可能なMEMSで実現するには2桁の性能向上が必要

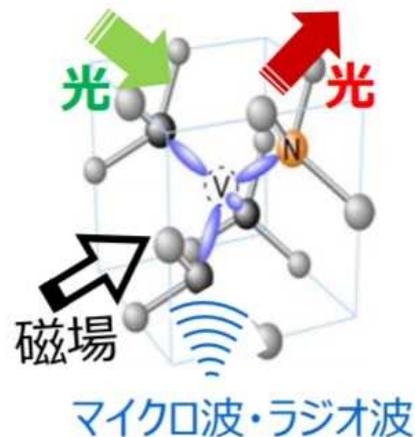
### ➤ LiDAR

- ・高信頼性と低コスト化実現のため、現状の可動式に対して非可動式に期待
- ・普及には現状（数百万～数千万円）よりも2～3桁の低コスト化が必要

## 新しい検出原理の適用

### ➤ 新たな物理現象や動作原理をセンシングに利用

材料中の欠陥（ダイヤモンドNVセンター）に起因する量子的性質を利用した量子センサ



- ・周辺環境変化の鋭敏な検知
- ・磁場、電場、温度、圧力などの高感度センサとして期待

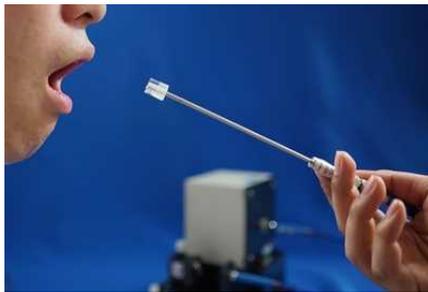
<https://www.jst.go.jp/stpp/q-leap/sensing/pdf/measurement.pdf>

# 新たな化学センサの研究開発事例

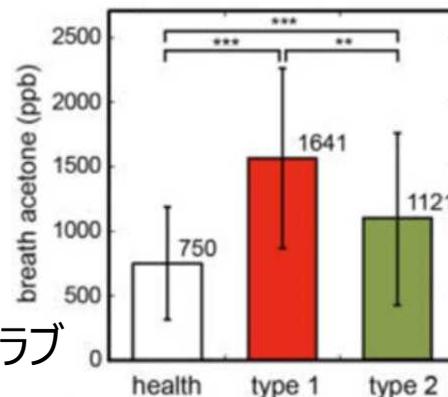
## 非侵襲な生体情報モニタリング

- 採取が容易な**呼気・体液（唾液、涙、尿等）**の利用
- **極微量**の化学物質・バイオマーカー検出  
例）呼気からのがんバイオマーカーの検出:ppb⇒ppt（1000倍の**高感度化**が必要）
- **多くの夾雑物からの分離**  
ターゲット分子の識別能の向上、夾雑物からの分離・濃縮等の前処理（**高選択性**）
- **安定性・再現性**の大幅な向上  
例）堅牢なナノ構造（酸化物ナノワイヤ）の利用による**低消費電力・リセット機能**

## 呼気ガス中微量アセトンの**高感度・高選択**検出 (酵素触媒反応を用いたバイオセンサ)

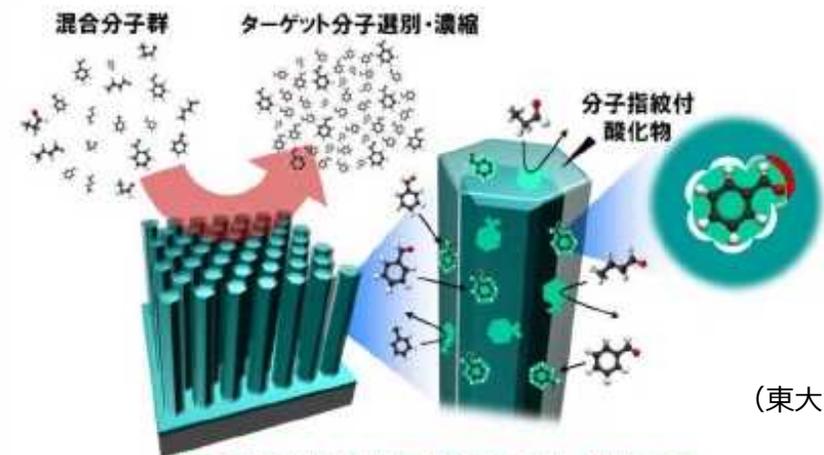


さらなる高感度化によりウェアラブル皮膚ガス計測も可能に



(東京医科歯科大・三林教授)

## 混合分子群からの対象分子の**選択・単離** (分子指紋を有する酸化物ナノワイヤ)



(東大・内田教授)

### 3. 研究開発用ロボットによる実験データの取得

実験データの取得におけるロボット活用の効果

#### ○実験装置（成膜、計測・評価など）の共有化・標準化

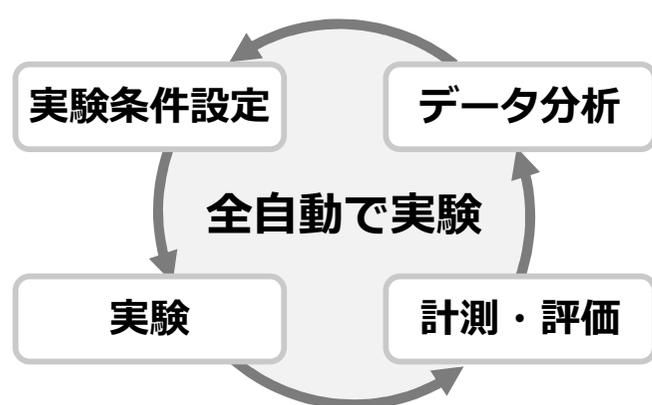
- ・装置の構造、機構による性能、精度などのばらつきが緩和

#### ○実験環境の正確な把握

- ・多種多様なセンサを部屋に配置することで、実験条件に影響を与える可能性がある温度、湿度、残留ガスなどの多様な環境情報を取得

#### ○実験条件の統一

- ・人による実験のやり方、管理するパラメータなどの違いを除去し、同一条件での実験の比較が可能



- ・研究開発における信頼性の高いデータの取得
- ・研究開発の高速化・高効率化

# 材料研究における新たな手法の進展

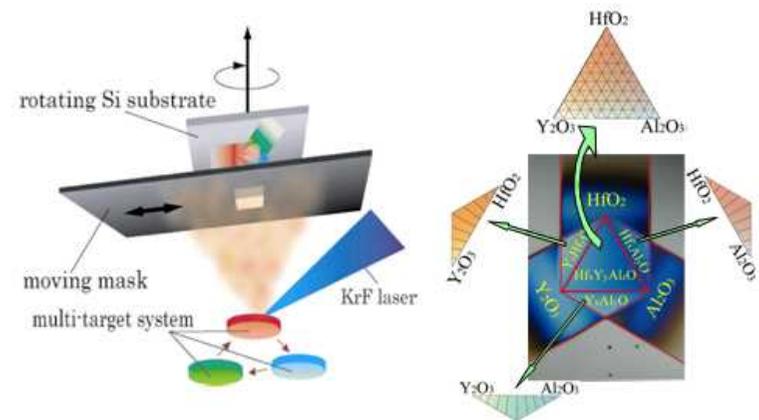
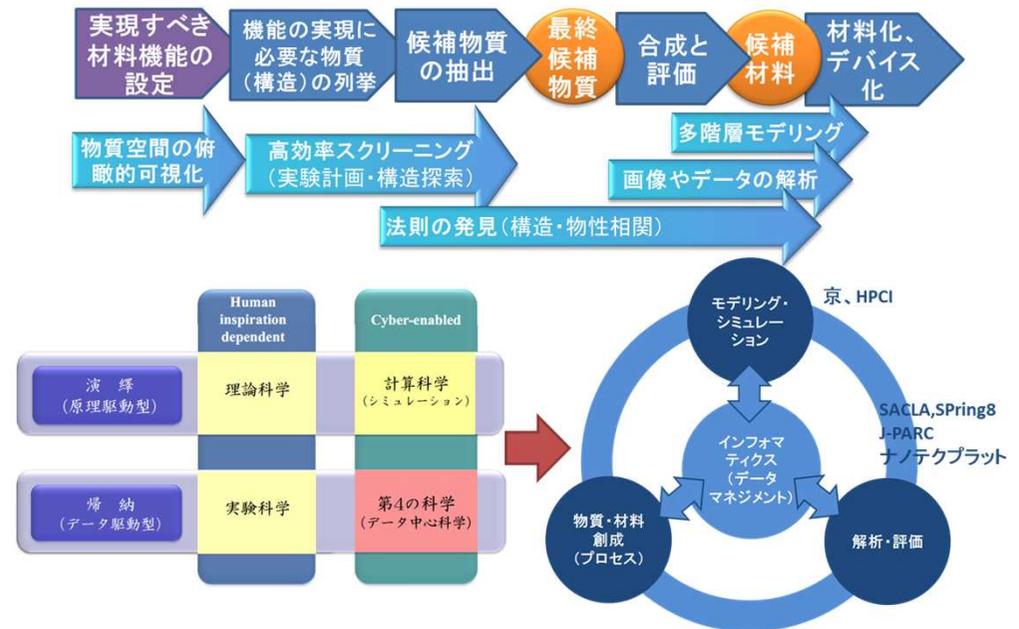
- ◆ 効率的な材料探索を実現するマテリアルズ・インフォマティクス (MI) や効率的な材料作製を実現するコンビナトリアル合成が進展

## 【マテリアルズ・インフォマティクス (MI)】

- データ科学との連携・融合による新世代物質・材料設計研究の促進 (戦略プロポーザル CRDS-FY2013-SP-01)
- 内閣府 (SIP)、文科省 (MI2I)、経産省 (超超プロジェクト) の施策間連携による、統合型材料開発システムの推進
- 統計的予測アルゴリズムなどの開発により網羅的展開 (スクリーニング) が可能

## 【コンビナトリアル合成】

- 効率的に組成比の異なる材料を作製する手法  
例えば、複数の原料の位置と材料を成長させる基板との位置関係で、異なる組成比の材料を同時に創製できる。



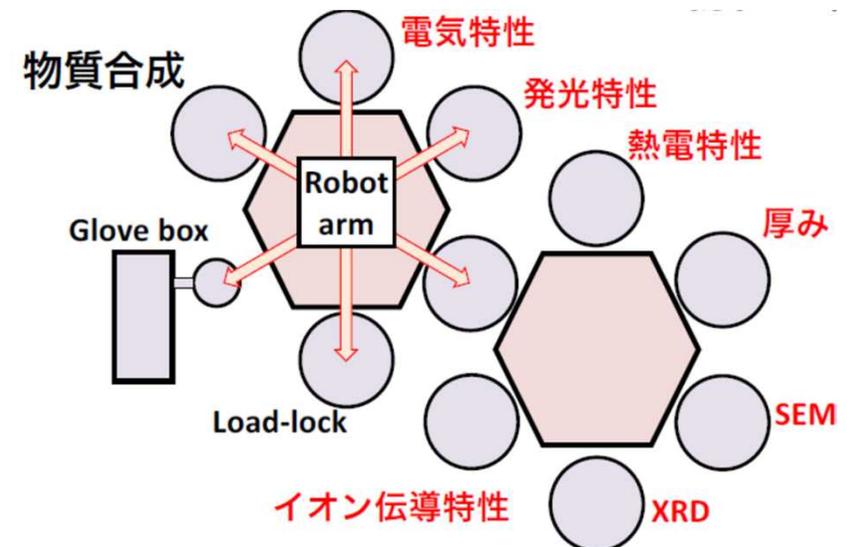
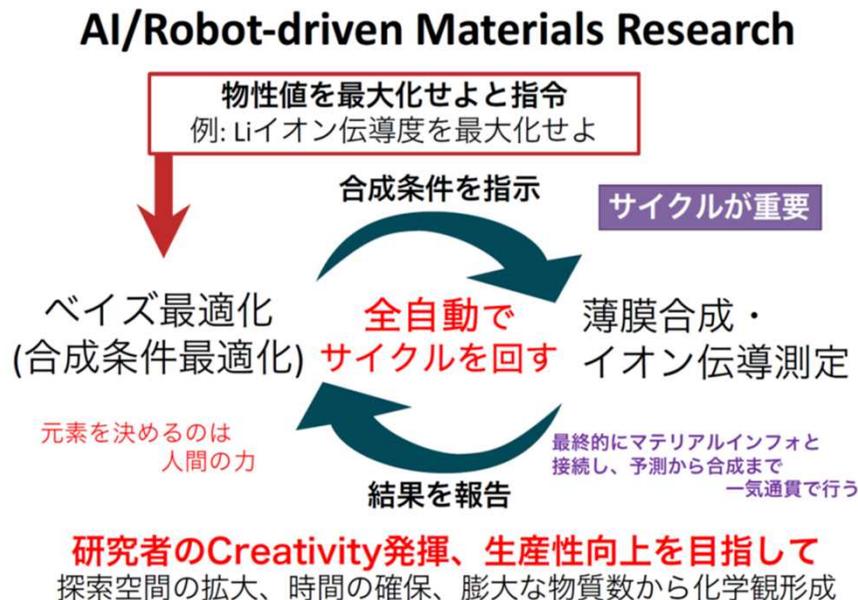
# 材料研究におけるロボットの活用

◆ ロボットやAIを活用し、材料合成、材料特性評価、合成条件最適化のサイクルを自動で回す手法の進展

⇒ 良質な材料データ、プロセスデータの取得

## 【ロボット科学者】

- 自ら考え、実験し、パブリッシュするロボット科学者（一杉太郎 [東工大] : ワークショップ報告書 CRDS-FY2018-WR-11）
- ベイズ最適化とロボットを活用した自動合成システムの構築



人間ドックの材料版: マテリアルズドック

[http://www.tfc.tohoku.ac.jp/online\\_event/2020d/sw/02/04\\_01.pdf](http://www.tfc.tohoku.ac.jp/online_event/2020d/sw/02/04_01.pdf)

# ライフサイエンス分野におけるロボットの活用

## ◆ Robot scientist “Eve”

- マンチェスター大学、ケンブリッジ大学等のチームによって開発
- ハイスループット仮説主導の研究を自動化  
(自動的に仮説を立て、テストして観察結果を解釈し、実験を実行し、仮説を修正するサイクルを繰り返す)
- ハイスループットスクリーニングに適用: 多くの練り歯磨きに含まれるトリクロサンがマラリア原虫の酵素 (ENRおよびDHFR) を特異的に阻害し、寄生虫の成長に影響を与えることを発見

## ◆ AI・ロボティクスを用いた細胞内一分子イメージングの自動化

⇒ 熟練研究者の10倍の効率

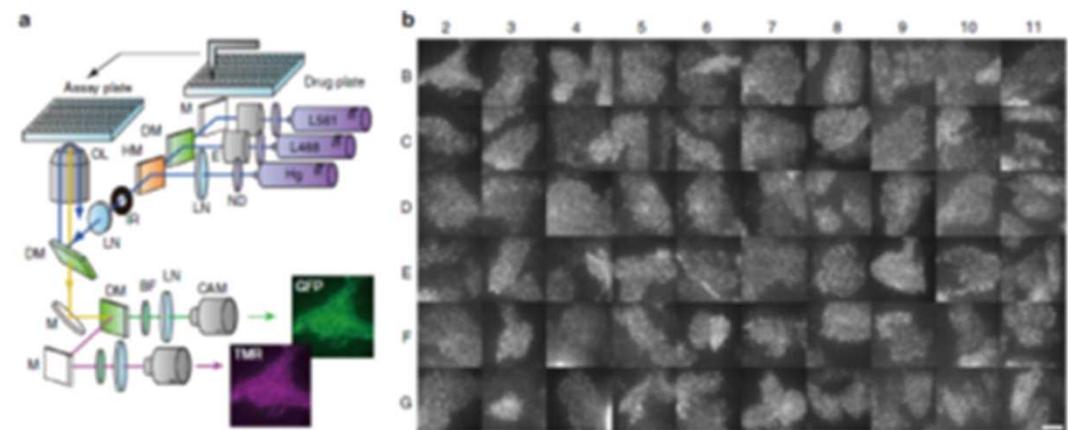


図 熟練研究者 (左) の10倍以上の効率で1分子イメージング解析が可能に

出典: 上田昌宏 (理研/大阪大学)



Scientific Reports; 18 Jan 2018



Yasui et al., Nat Comm 2018

## 4. まとめ

高度なサイバーフィジカルシステム（CPS）の実現

- ・人工知能+高速通信+現実世界のデータ取得
- ・センシング技術、ロボット技術の活用 ⇒ 良質なデータの取得

### ◆IoTにおける多様なセンサデータの取得

- ・センサ技術（物理センサ、化学センサ）の高性能化と新技術開発が進展

### ◆研究開発用ロボットによる実験データの取得

- ・材料分野およびライフサイエンス分野で全自動実験に向けたロボット活用が開始

### ◆今後に向けて

- ・様々なデータの活用に向けて、センシング技術の高度化、ロボット技術の積極的利用の推進
- ・新型コロナ禍での新たな研究開発のやり方として、センサ技術、ロボット技術活用による安全性の確保
- ・早期の社会実装に向けたアカデミアと企業との連携
- ・センサ、ロボット、AIを活用した研究ができる人材の育成

CRDS-FY2019-SP-10

戦略プロポーザル

## IoT時代のセンサ融合基盤技術の構築

～センシング情報の高付加価値化に向けた  
多様なデータの取得と統合的処理～

STRATEGIC PROPOSAL

Sensor Fusion Technologies in IoT era

- Multimodal Sensing and Data Processing for Creating New Value -

<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2019/SP/CRDS-FY2019-SP-10.pdf>

CRDS-FY2020-RR-01

The **Beyond Disciplines** Collection

## デジタルトランスフォーメーションに伴う 科学技術・イノベーションの変容



<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2020/RR/CRDS-FY2020-RR-01.pdf>

# 最後までご覧頂きありがとうございました。

## ■ DXに関するCRDS報告書はこちら



<https://www.jst.go.jp/crds/report/report04/CRDS-FY2020-RR-01.html>

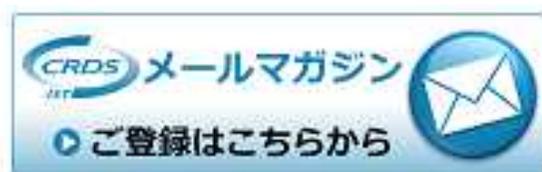
## ■ CRDSの活動・成果・コラムは ウェブサイトでご覧いただけます



<https://www.jst.go.jp/crds/>



## ■ 最新情報はメールマガジン、Facebookでも配信中



<https://www.jst.go.jp/melmaga.html>



<https://fb.com/170314426446196/>

## ■ その他 お問い合わせはこちらまで



[crds@jst.go.jp](mailto:crds@jst.go.jp)