



自律的実験技術を活用した マテリアルDX

「オープンサイエンス、データ利活用の観点から」

一杉 太郎

東京大学 理学系研究科化学専攻 教授
東京工業大学 物質理工学院 特任教授

内閣府「マテリアル戦略」有識者



マテリアル産業が 世界で勝ち抜くための 日本の勝ち筋

東京大学 理学系研究科
一杉 太郎

マテリアル戦略 有識者会議 構成員

<座 長>

澤田 道隆 花王株式会社 代表取締役、社長執行役員

<国研・大学>

橋本 和仁 国立研究開発法人物質・材料研究機構 理事長
東京大学総長特別参与、教授
内閣府総合科学技術・イノベーション会議議員
沖縄科学技術大学院大学 理事

村山 宣光 国立研究開発法人産業技術総合研究所 理事、材料・化学領域長

関谷 毅 大阪大学総長補佐、産業科学研究所教授

一杉 太郎 東京工業大学物質理工学院応用化学系教授、
物質・情報卓越教育院 副教育院長

<産業界>

小野山 修平 日本製鉄株式会社 代表取締役副社長、技術開発本部長

菅原 静郎 JX金属株式会社 取締役常務執行役員

仲川 彰一 京セラ株式会社 デバイス研究開発統括部長、先進マテリアルデバイス研究所長

山岸 秀之 旭化成株式会社 常務執行役員、スペシャルティソリューション事業本部長

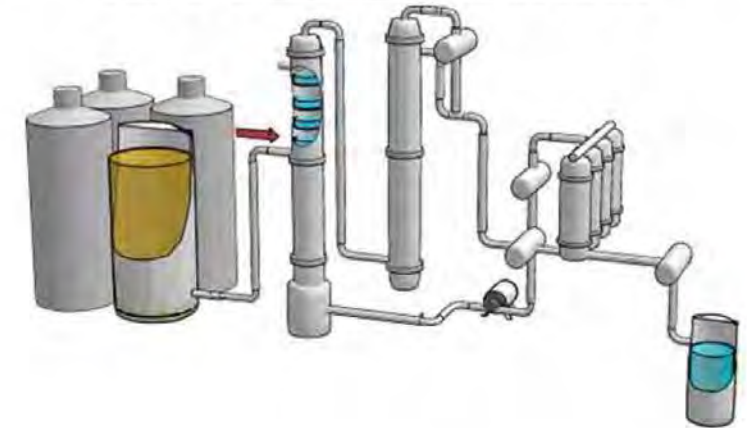
マテリアル戦略の4つの視点（柱）

①マテリアルズ・インフォマティクス

技術



②製造プロセス技術



③サーキュラーエコノミー

外部
環境



④資源（レアメタル）



マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて

マテリアル革新力強化戦略案(概念図)

「マテリアル革新力」(マテリアル・イノベーションを創出する力)を強化するための戦略を、
政府の重要戦略の一つとして、産学官関係者の共通のビジョンの下で策定

戦略策定の意義

ESG/SDGs意識の高まり

- ・マテリアルはカーボンニュートラルやサーキュラーエコノミー(循環経済)に直結
⇒ マテリアルの位置付けの高まり

社会実装が遅い

- ・社会を変える力を本来持つが、ドラスチックな変化としては見えにくい
⇒ 早く世に出し、走りながら変えていく姿勢

国際状況

- ・技術覇権争いの激化、サプライチェーンの脆弱性、EU環境政策等
⇒ 希少資源の確保や循環経済の重要性

我が国の強み(高い技術力、優れた人材、良質なデータ、高度な研究施設・設備、産学官の連携関係等)に立脚した差別化

目指すべき姿

マテリアル革新力を高め、経済発展と社会課題解決が両立した、
持続可能性な社会への転換に世界の先頭に立って取り組み、
世界に貢献

- ・ Society5.0の実現
- ・ 世界一低環境負荷な社会システムの実現
- ・ 世界最高レベルの研究環境の確立と迅速な社会実装による国際競争力強化

アクションプラン

有識者会議等において、着実にフォローアップを実施するとともに、
政府と産学の有識者による一層の議論と連携により、不断に改善

○ 革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装

- ・ バリューチェーンの上・下流／業種横断的／産官学からなる、社会課題解決型プラットフォームの推進(ロールモデル: CLOMA)
- ・ スタートアップ等が保有する未活用・埋没技術の活用促進
- ・ 重要なマテリアル技術・実装領域での戦略的研究開発の推進 等

○ マテリアル・データと製造技術を活用したデータ駆動型研究開発の促進

- ・ 良質なマテリアルの実データ、ノウハウ、未利用データの収集・蓄積、利活用促進(マテリアルDXプラットフォームの整備)
- ・ 製造技術とデータサイエンスの融合、革新的製造プロセス技術の開発(プロセス・イノベーション・プラットフォームの構築)

○ 国際競争力の持続的強化

- ・ 資源制約の克服に向け、希少金属等の戦略的なサプライチェーン全体の強靱化(供給源の多角化・技術開発・設備導入支援等)
- ・ サーキュラーエコノミーの実現に向けた制度整備と技術開発・実装(プラ資源: 2035年までに使用済プラ100%リユース・リサイクル等)
- ・ 産学官協調での人材育成(マテリアル分野の魅力向上、優秀な人材の確保、出口人材・データ人材の育成等)
- ・ 国際協力の戦略的展開(国際ネットワークの戦略的構築、戦略的な標準化の推進等)

マテリアルDXプラットフォーム構想実現のための取組

令和3年度予算額(案) 34億円
(前年度予算額 25億円)
※運営費交付金中の推計額含む
令和2年度第3次補正予算額(案) 72億円



背景・課題

- 近年、マテリアル研究開発では、**データを活用した研究開発の効率化・高速化・高度化**と、これらを通じた**研究開発環境の魅力向上が重要**となっている
- また、**新型コロナウイルス感染症の世界的流行に伴い**、データやAI、ロボットを活用した新たな研究開発手法や研究開発環境の本格導入の必要性が高まる中、マテリアルの研究開発現場や製造現場全体の**デジタル化・リモート化・スマート化**といった**デジタルトランスフォーメーション (DX)**が**急務**
- 我が国には、良質なマテリアルデータを生み出す**世界最高水準の共用施設・設備群、産学官の優れた人材が存在**するが、この強みを最大限に活用し、**産学官のデータを効果的に収集・蓄積・流通・利活用**できる仕組み、**データを持続的に創出・共用化**できる仕組みは**未整備**

産学官の高品質なマテリアルデータの戦略的な収集・蓄積・流通・利活用に加えて、データが効率的・継続的に創出・共用化されるための仕組みを持つ、**マテリアル研究開発のための我が国全体としてのプラットフォームを整備**

【統合イノベーション戦略2020(令和2年7月閣議決定)】

＜データを基軸としたマテリアルDXプラットフォーム(仮称)の実現＞

- ・マテリアルの研究開発力を大幅に強化する、我が国全体で高品質なマテリアルデータが持続的かつ効果的に創出、**共用化、蓄積、流通、利活用**される産学官のプラットフォームの実現に向けて、産学官の協力の下で構想・推進

【成長戦略フォローアップ(令和2年7月閣議決定)】

・「マテリアル革新力」を強化するため、以下の取組を含め検討し、政府戦略を策定する。

- ーデータ蓄積の中核拠点整備や、**良質なデータを取得可能な共用施設・設備の整備、データ創出・活用を牽引する研究開発プロジェクト**等について2020年度から検討を進め、速やかに実施する。

取組概要

共通的なデータ収集・蓄積・流通・利活用のための**基盤整備**を進めるとともに、**先端共用施設・設備**からのデータ創出や重要技術・実装領域を対象とする、データを活用した**研究開発プロジェクト**を行う

※本取組の総合的な進捗管理等を行うガバナンスボードを設置し、経済産業省等の事業と連携することを検討

データ中核拠点の形成

令和3年度予算額(案) 12億円
(前年度予算額 6億円)
※運営費交付金中の推計額
令和2年度第3次補正予算額(案) 31億円

データ創出基盤の整備・高度化

令和3年度予算額(案) 17億円
(前年度予算額 16億円)
令和2年度第3次補正予算額(案) 20億円

- ・技術支援により先端的な施設・設備の全国共用を行う、ナノテクノロジープラットフォーム事業を実施。さらに、多様な設備を持つハブと特徴的な技術・装置を持つスポークからなるハブ&スポーク体制を新たに構築し、高品質なデータとデータ構造の共用基盤を整備・高度化

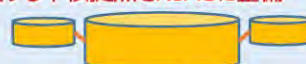
【データ共用基盤部分に係る事業内容】

- ✓対象機関：大学・独法等
- ✓事業期間：令和3年度～(10年)
- ✓支援規模：6ハブ、19スポーク程度
- ✓支援内容

重要技術領域ごとにハブ&スポーク型のネットワークを形成

- ・データ対応型設備の整備
- ・データ構造化等を行う

- ・オープンデータ・シェアードデータを対象に、セキュアな環境の下、データとデータ構造を蓄積・管理する中核拠点をNIMSに整備



データ基盤

これまでNIMSにおいて進めてきた材料データ収集の高度化や、NIMSデータ公開基盤開発の成果をもとに、日本全国のマテリアルデータを集約するためのデータ中核拠点を構築



重要技術・実装領域において推進
データ専門人材を育成

データ蓄積・利活用による論文生産や
許出願、人材育成等を通じた、産学連携の促進、研究成果の社会実装の加速

データ創出・活用型プロジェクト

令和3年度予算額(案) 5億円
(前年度予算額 3億円)
※運営費交付金中の推計額含む
令和2年度第3次補正予算額(案) 21億円

- ・重要技術領域において、データ創出・活用と理論・計算・実験が融合する、データ駆動型の研究開発プロジェクトを実施

データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト

令和3年度予算額(案) 0.4億円
(新規)

【事業内容】

- ✓対象機関：大学・独法等
- ✓課題数：4課題程度
- ✓事業期間：令和3年度～(10年)
- ※令和3年度：FS
- 令和4年度～：拠点形成・本格実施

材料の社会実装に向けたプロセスサイエンス構築事業

令和3年度予算額(案) 3億円
(前年度予算額 3億円)

マテリアルサイエンスに係る事業等の成果とも連携しつつ、材料の社会実装に繋がるプロセスサイエンスを構築

【事業スキーム】



マテリアルDX

2億円(新規)
付金中の推計額
(案) 21億円
野において、データ

データを創出・蓄積し、それらを活用して研究開発を実施

マテリアル先端 リサーチインフラ

本当に使えるデータとは？

1. 素性が分かっている
 - 試料合成条件→ **プロセス条件自体がデータ**
→ プロセスインフォマティクス
→ デジタルツイン
2. 再現性が高い
3. ベストなデータだけではなく、
低い特性を示すデータも含む

論点

- そのようなデータをいかに多数集めるか
自動・自律実験
- 属人的データは必ず残る(人間しかできない実験)
→ どのようにデータ収集するのか

新たな物質観の創造へ

俯瞰的な視点

様々な新物質の情報

新物質探索の
新領域

実験の自動化・自律化により生成された
大量のデータを有効活用し、
未知なる領域へ挑む

新たな領域を探索する
進化したAI

これからの新物質探索

自動化・自律化実験により
新物質へ素早く到達

目的の新物質

研究者

手作業による実験

研究

これまでの新物質探索

勘・コツ・経験と知識にのみ頼った研究

俯瞰的、逸脱的思考

勘・コツ・経験との融合

自動・自律実験

ロボットと機械学習を用いたデータ生産工場

量と質

データ

新たな視点の提示

刺激

Materials informatics

相関関係、因果関係

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

説明可能なAI (数式)

材料地図



無機・固体材料では日本がチャンス!

Manchester大、Glasgow大、British Columbia大

Robot scientist, Robot chemist, Chempouter

→ 諸外国はバイオ系、有機分子など、

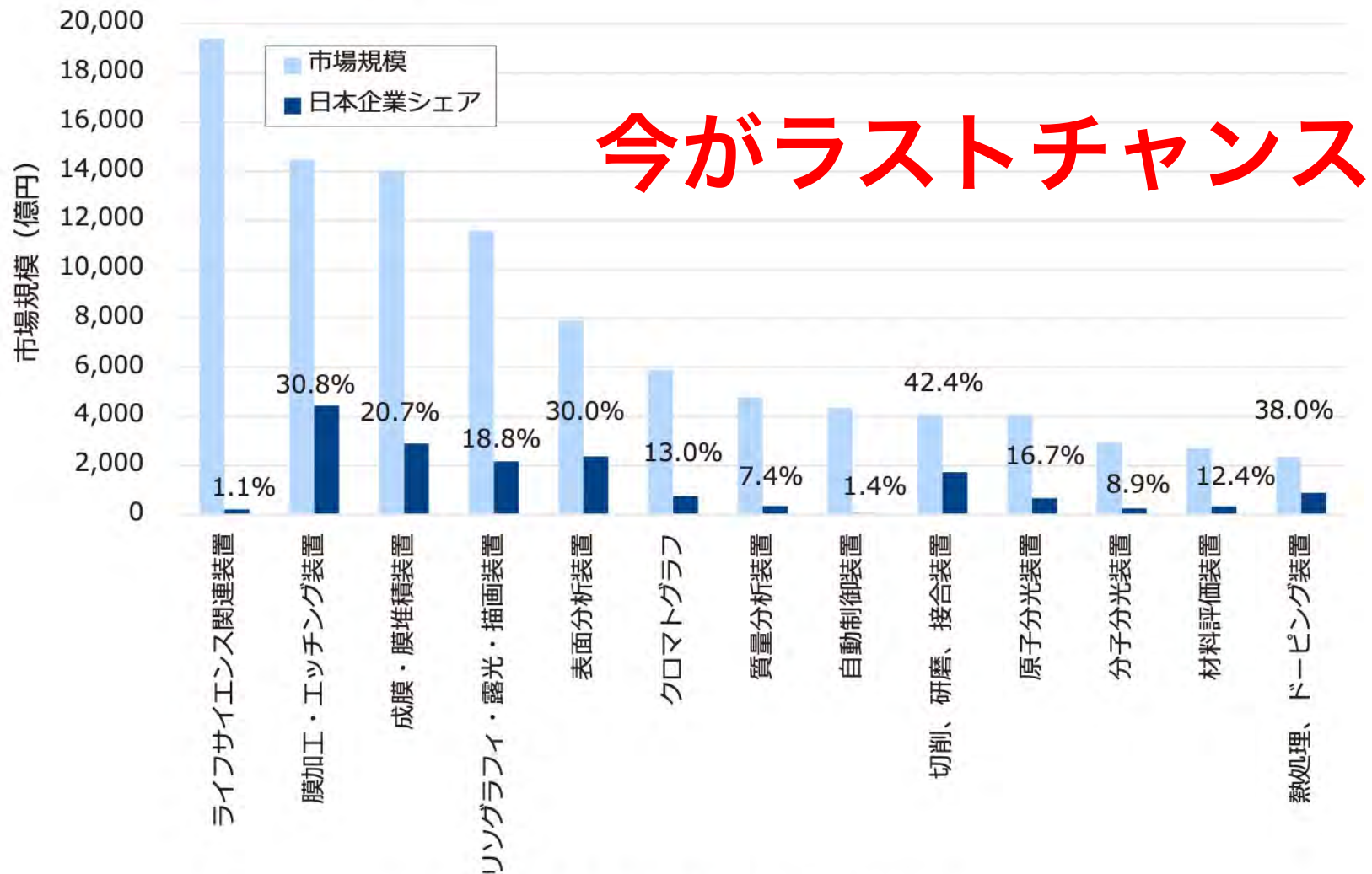
液体系に競争

無機・固体材料はこれから
日本の産業の根幹である。シリコン技術をもとにして、
「日本が世界を主導できる」

2. 強いロボット産業
機能性材料の勘・コツ・経験が蓄積している

今、投資しなければ遅れをとる

グローバル市場における 日本の理化学機器企業のシェア

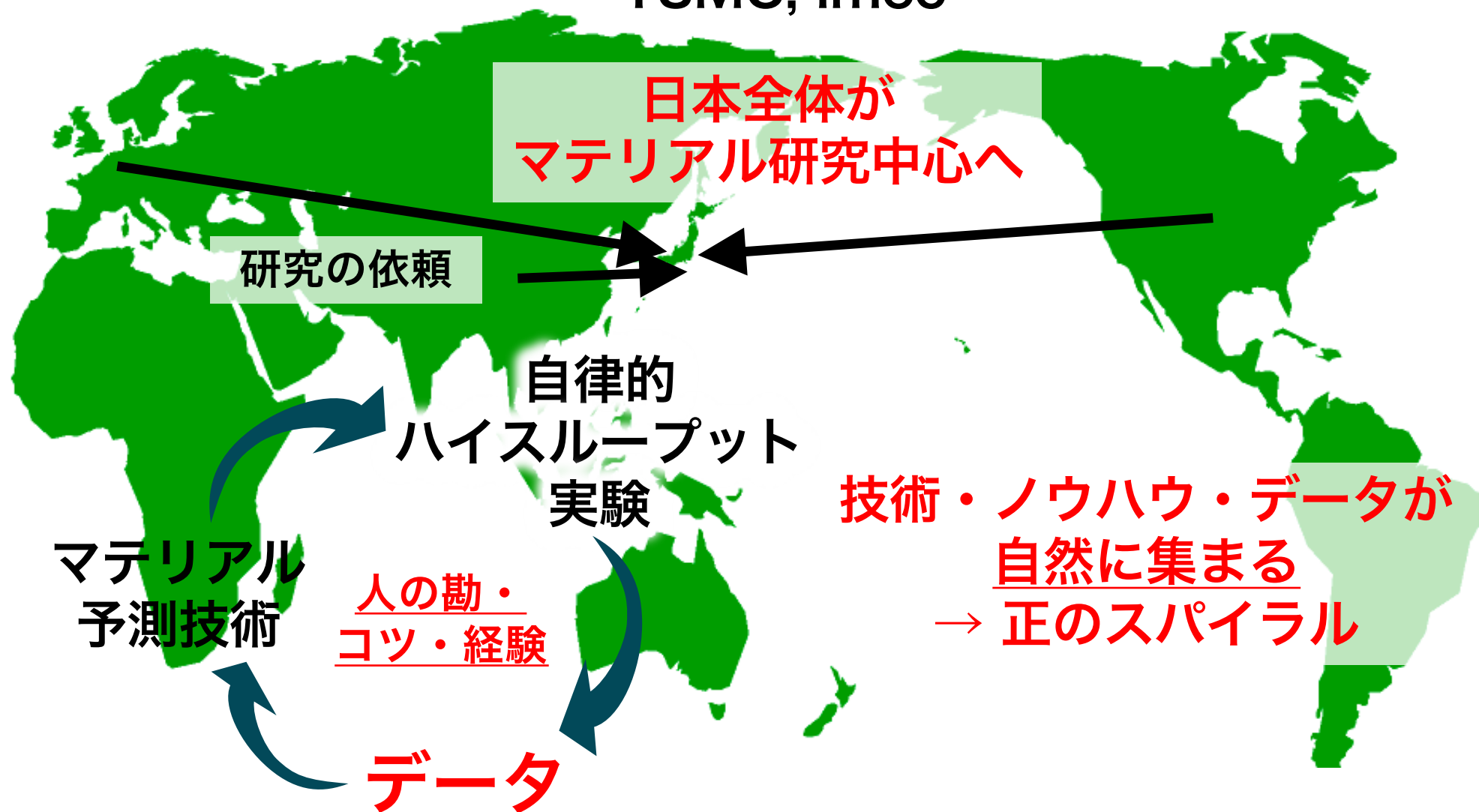


研究機器・装置開発の諸課題

新たな研究を拓く機器開発とその実装・エコシステム形成へ向けて

<https://www.jst.go.jp/crds/report/report04/CRDS-FY2020-RR-06.html>

質が高い研究を継続し、ノウハウとデータを蓄積した者が勝つ
→ TSMC, imec

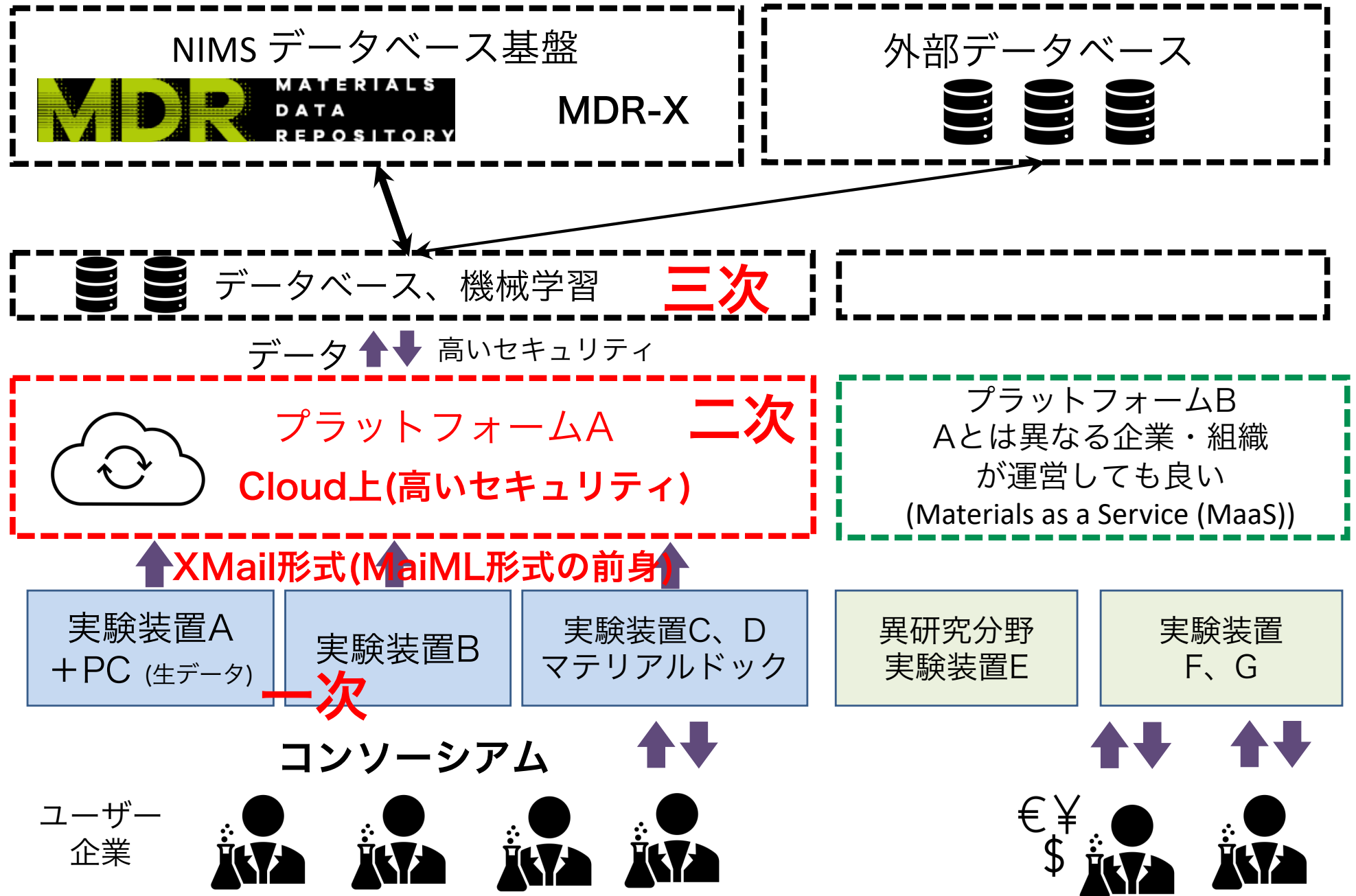


世界から頼られる存在へ(世界はこの拠点に頼らざるをえない)

ラボSIが世界中のラボを建設する



データを握る





「暗黙知」をシステムに埋め込む

科学者の新しいリテラシー

「**AIロボットの限界と可能性を知ること**」

化学・材料研究者の仕事(求める人材像)

人間の研究者が常に主役: 研究者がやるべきこと

- 人工知能とロボットを使いこなす: **課題設定の目**
- **創造性が高い仕事**
 - 新研究アイディアの構想、最先端計測、学理構築
 - 実用化への道筋を作る、ビジネス展開、新しい合成法を考える
 - 人と交流して、アイディアを練る、**若手の研究者魂に火をつける**
- 視点の転換
 - **俯瞰的に見る能力**が必要→**新しい科学観の獲得**
従来は一つ、二つの材料で学理構築をしていたが、
膨大な数のデータを俯瞰して本質を見出す
 - **新しい切り口で、データを解析する能力**が必要:
どこに着目するかがますます問われる
 - 社会の課題を解決するために広い目を持ち、
物理・化学・材料・リベラルアーツの知識・体験を
広く持つことが必要

本日のストーリー

1. 5-10年後のマテリアル研究の姿を見据え、
オープンサイエンスとデータ利活用を考える
2. 協調領域と競争領域の区別と、データの管理
3. 共有設備やラボがクラウド化していき、
データ生成、収集において重要な役割を担う
(それが可能となるのは、
実験的研究のほんの一部)

デジタル化の進展

1. 人間が指定した探索空間内を自動的・自律的に探索し、
短期間で最適物質・材料を見つけだす

→Proof of Concept完了 2020年

時短・効率化

→広げる段階 標準化、認知度向上

- ・ 分析機器会社や合成に関わる企業との協力
- ・ 臨機応変に対応する“柔軟かい”ロボット技術
- ・ 化学・材料向けの機械学習アルゴリズム

2. 人間が予想しなかった新物質の発見や、
新しい学理を構築する

→自動化・自律実験

+マテリアルズインフォマティクス・シミュレーション

セレンディピティを生むために活用

Conventional Laboratory

バイオインフォマティクス、
マテリアルズインフォマティクス
とは言っているけど、、、

経験、勘
気合い、
根性



縄文時代とたいして変わらない。。。。

実験室のクラウド化

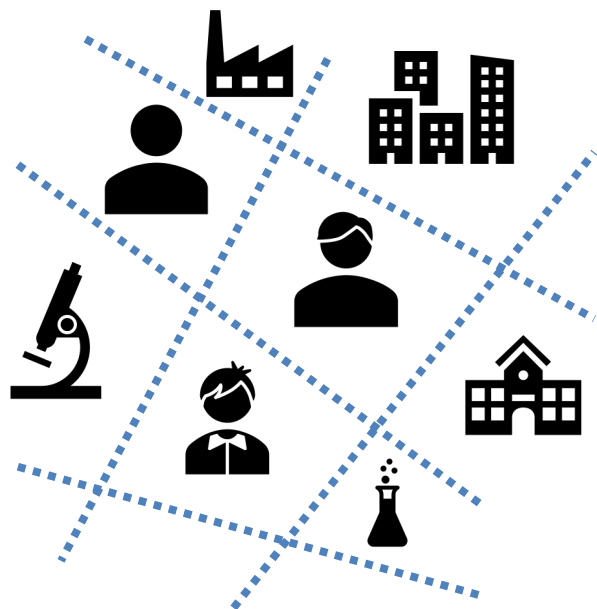
CASE in mobility: Connected, Autonomous, Shared, Electric



装置だけではなく、ノウハウとデータの共有へ

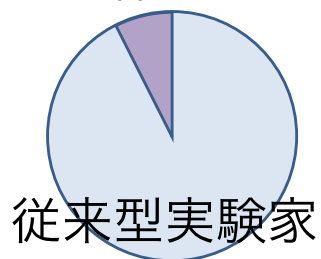
実験室・共用施設のクラウド化

2020

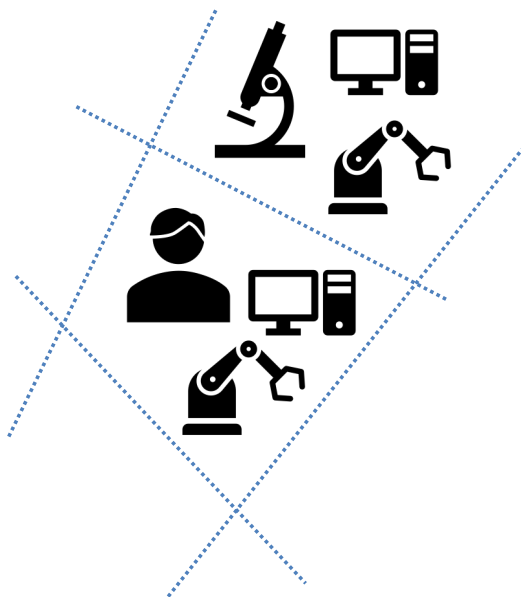


- 人口減少
- ノウハウ維持困難
- コスト高

計算・MI活用



2022



- 実験装置の共有
- 実験の自動化・自律化
- コスト高

政策・ファンディングが必要

2025



- 実験のクラウド化
- コストダウン
- **ノウハウ・データ共有**

計算・
MI活用

**データ・
ロボ、活用
New type**

従来型
実験家

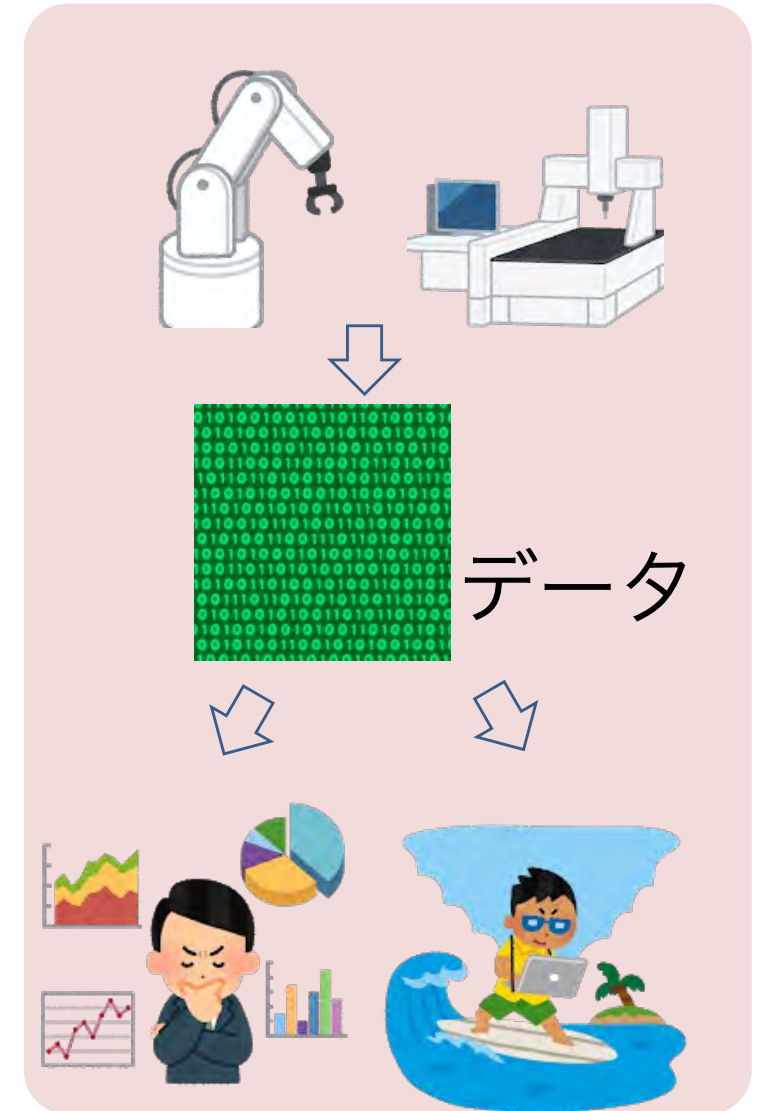
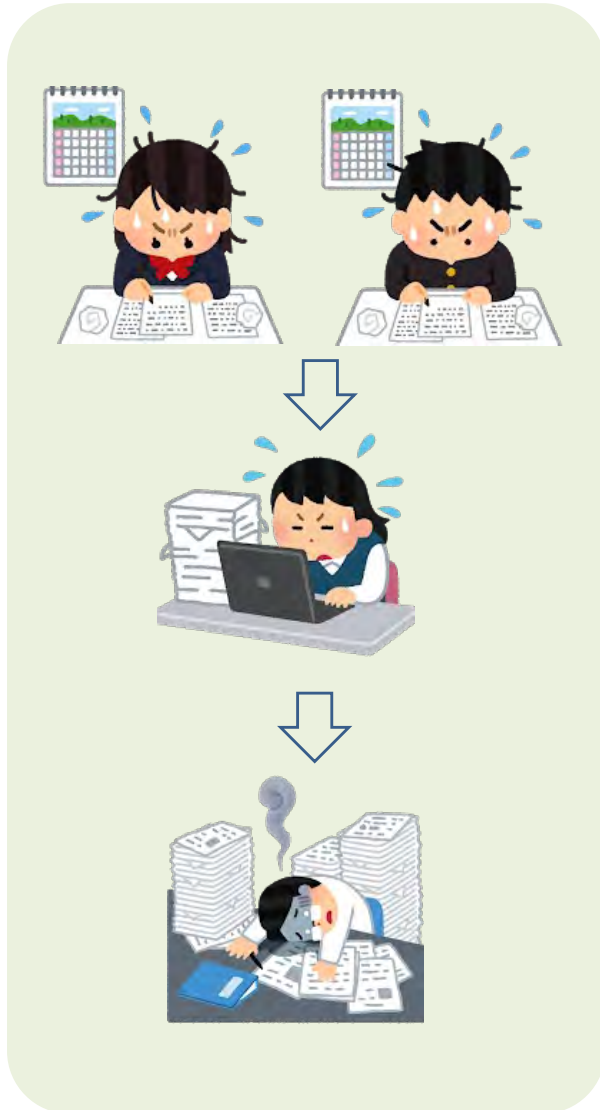
- 理論家と実験家の壁を取り去る
- 実験家の時間と場所の壁を取り去る

→ データを活用した研究へ

素性が明らかな試料についてデータを集める

論文が多すぎて読めない、
マテリアルビッグデータが無い

ロボットとAIを活用:
自律的なハイスループット実験
+ 高いマテリアル予測技術



最先端の現状

A mobile robotic chemist

Nature 583 (2020) 237



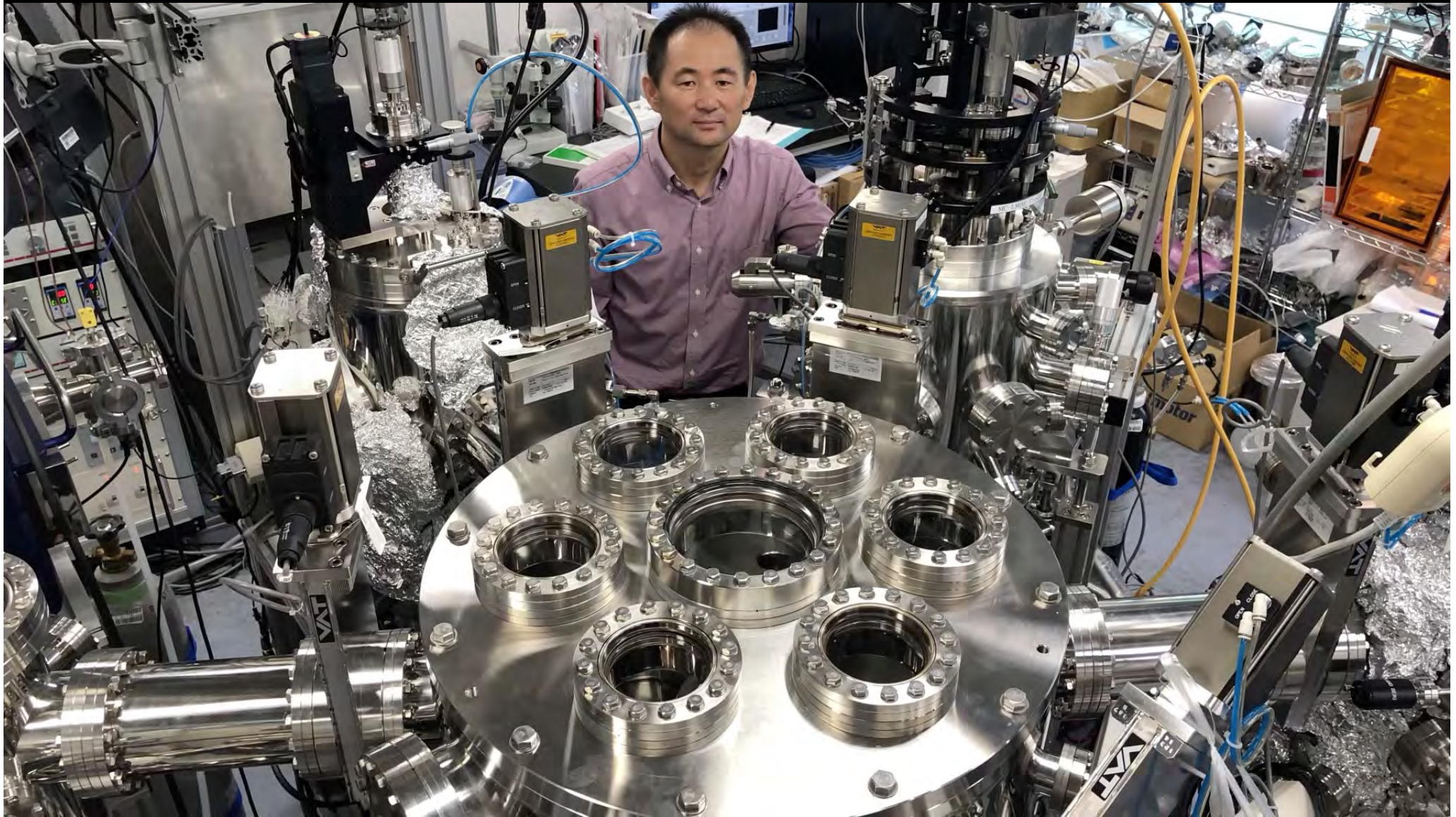
- 水分解光触媒を探索: **8日間で688回**の実験を自動的に行う
- 初期に配合した触媒の6倍以上の活性を持つ混合物を発見

(産総研)汎用ヒト型ロボット"まほろ"による ベンチワークの高度化



全自動・自律的に材料を探索する

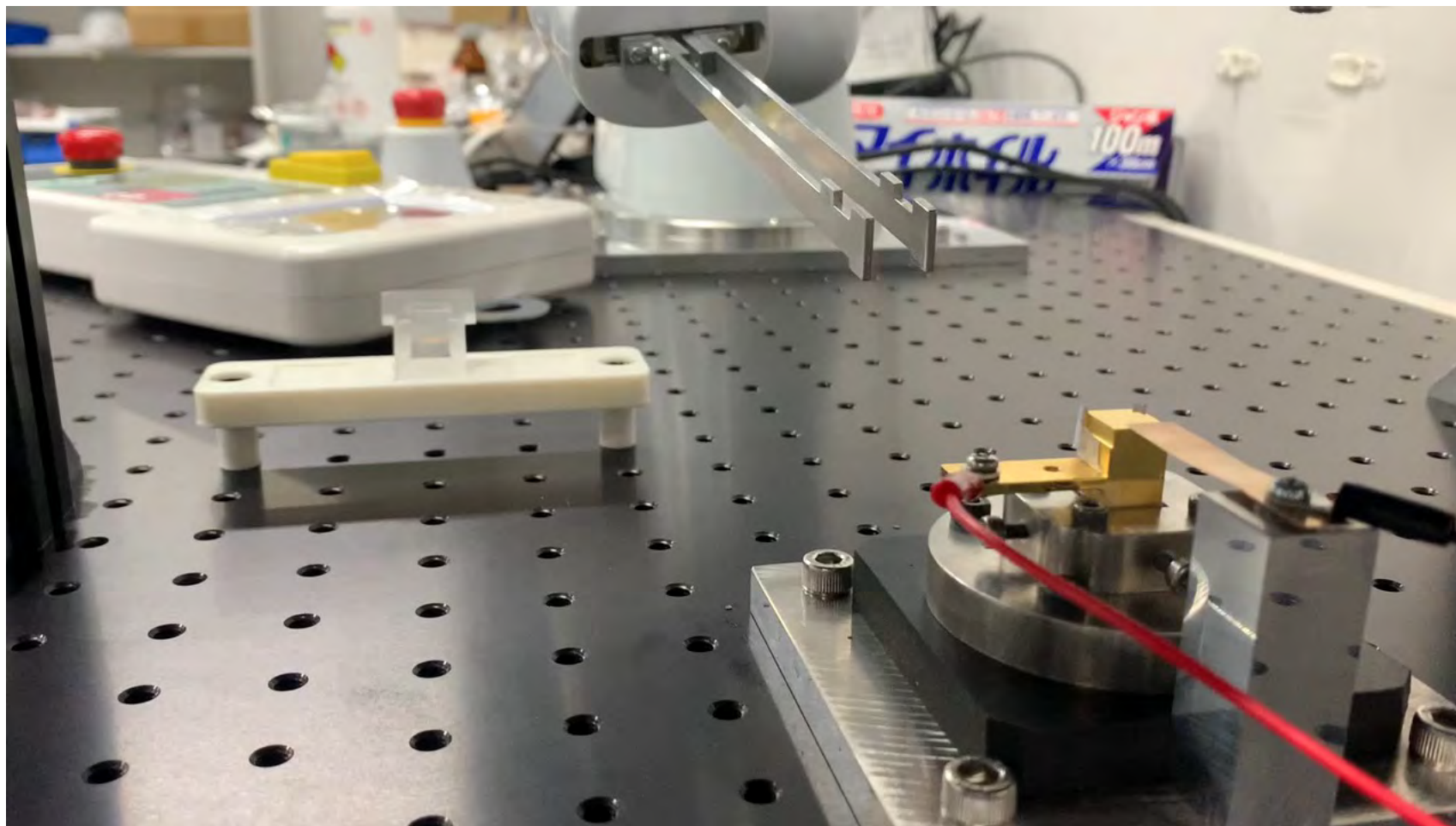
JST-CREST/さがけ/MIRAI
の支援による



清水亮太准教授、小林成 博士課程3年

APL Mater. 8, 111110 (2020).

Automation of Contact Resistance System (Hitosugi lab)



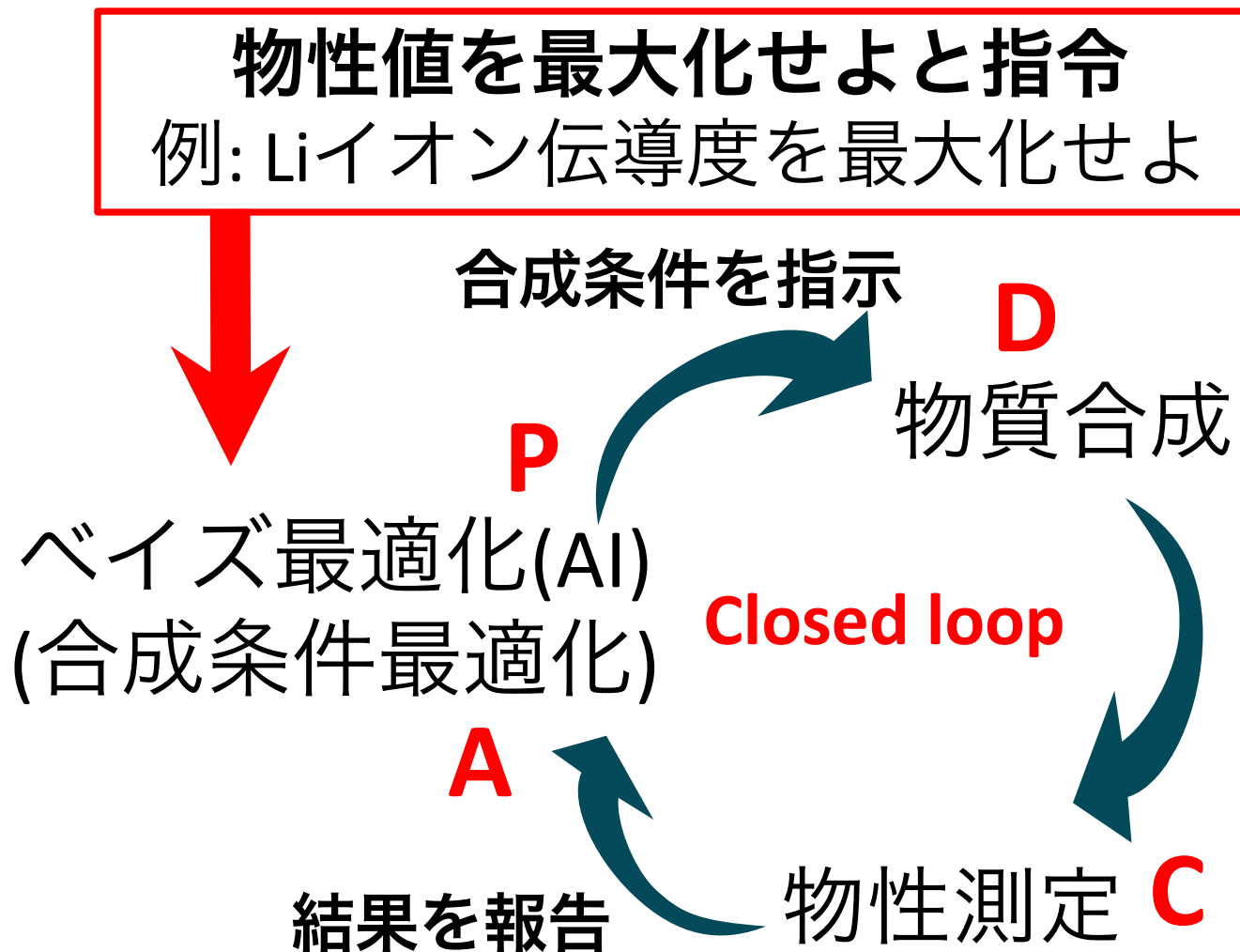
200万円 安いものは数十万円
Cobotta and pressing machine were
successfully operated together by Labview

Robotic kitchen, <https://www.moley.com>



<https://www.youtube.com/watch?v=KGtAFZuomU0>

自律的に実験を進める



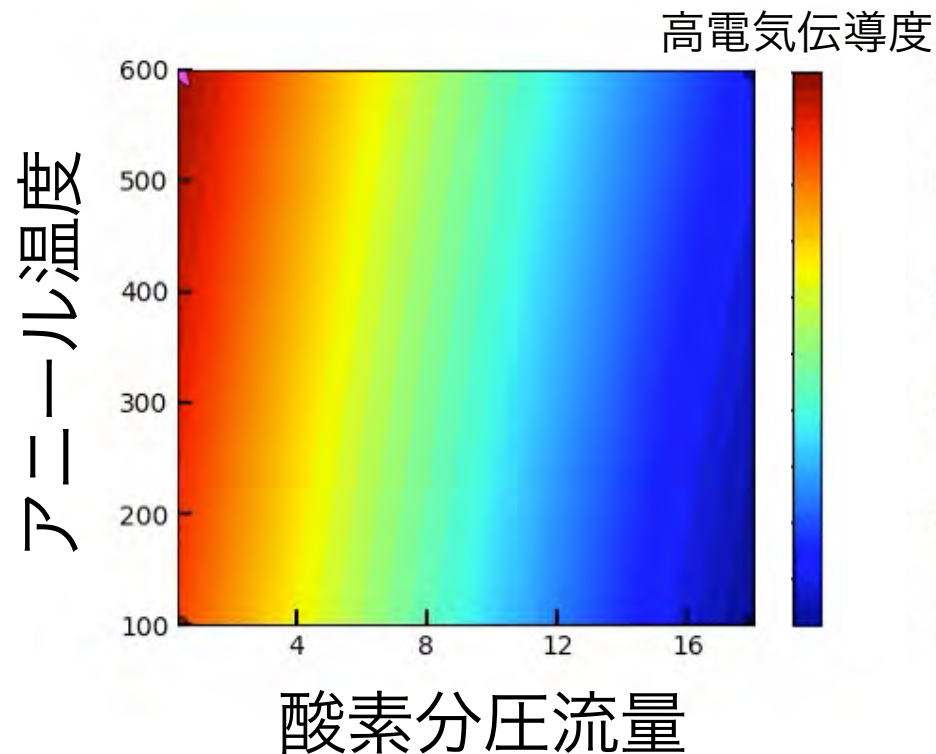
“物質合成”の自律化に意義がある

実験スピードを10倍に

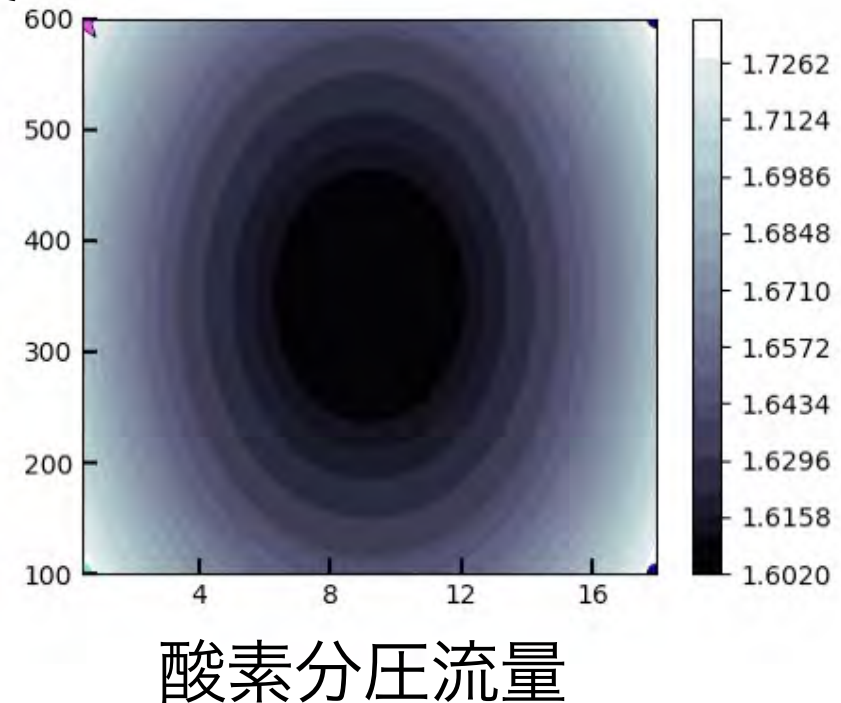
APL Mater. 8, 111110 (2020)

二酸化チタン薄膜の電気伝導を最大化

予測曲面と実測値



標準偏差



データが有効活用できるようになる

ポイント マテリアルDX

1. リアル空間(=実験室)のDXが極めて遅い・弱い!!

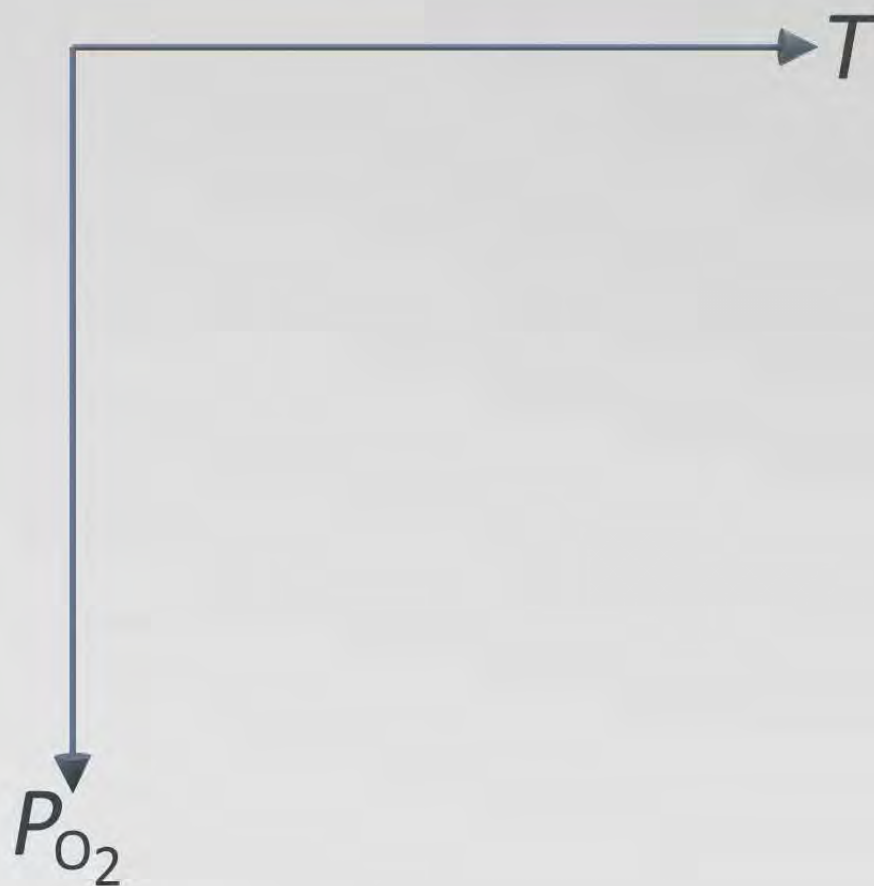
- ・サイバー空間が注目されているが、日本が強いのはリアル

2. デファクトスタンダード争いが始まっている

- ・これに理化学機器・分析・実験機器企業が負けると、
ライフのように、マテリアルも
すべて海外にお金を吸い取られる

3. アカデミアのリアル空間DXの意識は低い

- ・データ科学に頼らず、
「勘・コツ・経験を涵養すべし」という考え方
- ・アドバルーン代わりの
戦略目標、CREST、さきがけが必要
- ・「AIロボットが進展すると研究者が不要になる」
という荒唐無稽な考え方がある→完全に間違い



探索空間の一部のみ探索 → 最適化したつもりになっていた
→ 勘・コツ・経験と偶然に頼る
探索できる化合物は 10^{60} 個以上

多角的物性評価: マテリアルドック

	触媒特性	イオン伝導性	熱電効果	磁性	プロセス パラメータ 1	プロセス パラメータ 2
Material A	✓					
B		✓	✓			
C	✓	✓		✓		
D	✓	✓	✓	✓	✓	✓

- これまでは分野ごとに閉じていた
 - データセットは虫食い状態
 - ベストではないネガティブデータが重要
- 同じ試料で様々な特性を評価
 - 多角的検討: プロセスも含めて横串をさす

セレンディピティの基本は計測: 「予想外」を探す

マテリアル界の地図を作る マテリアルドック



SHIMADZU



Rigaku

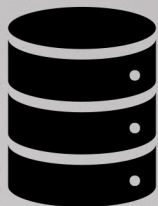
成膜チャンバー

成膜条件
585°C

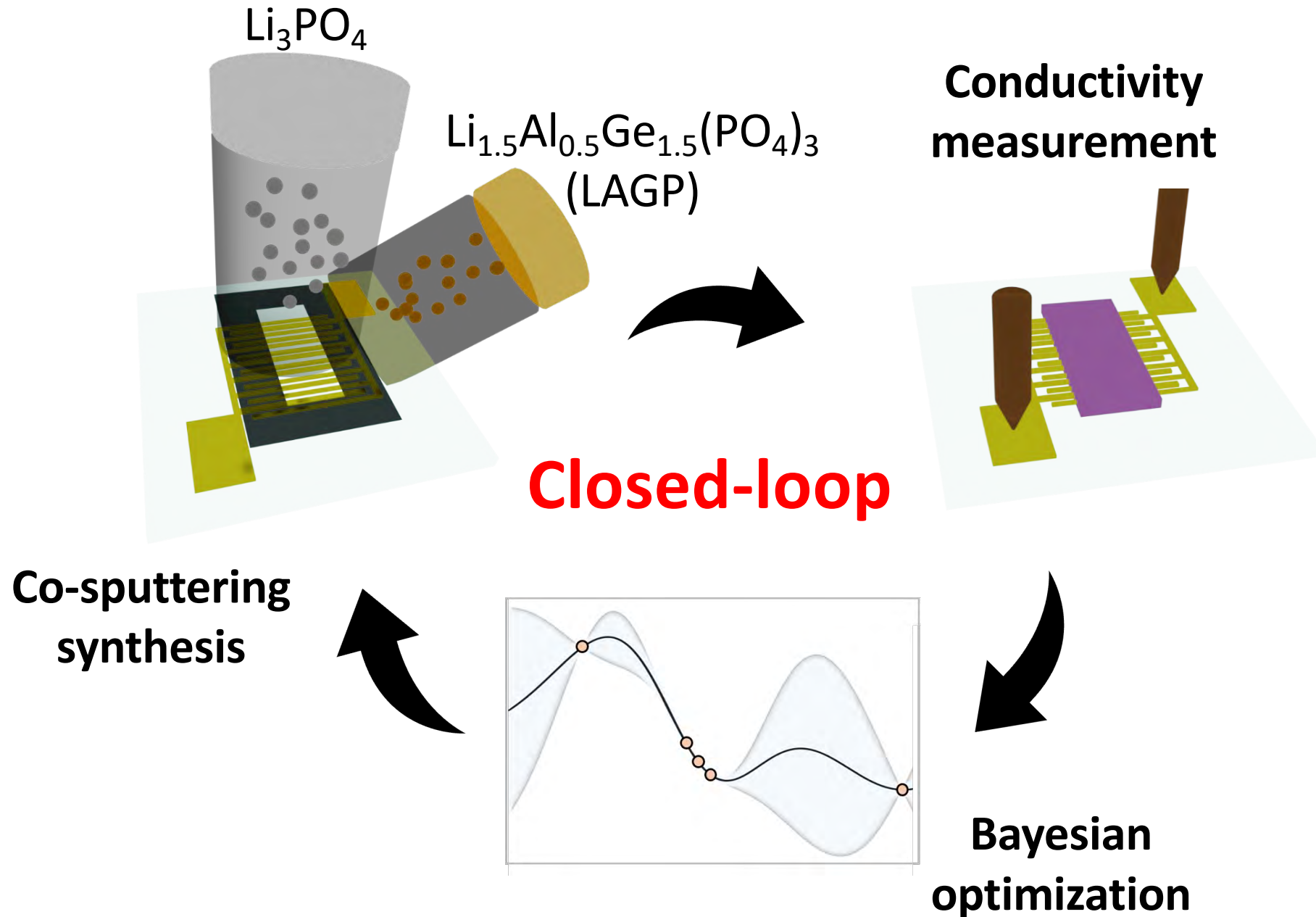


HORIBA

データ格納
モジュール



Searching new ionic conductors

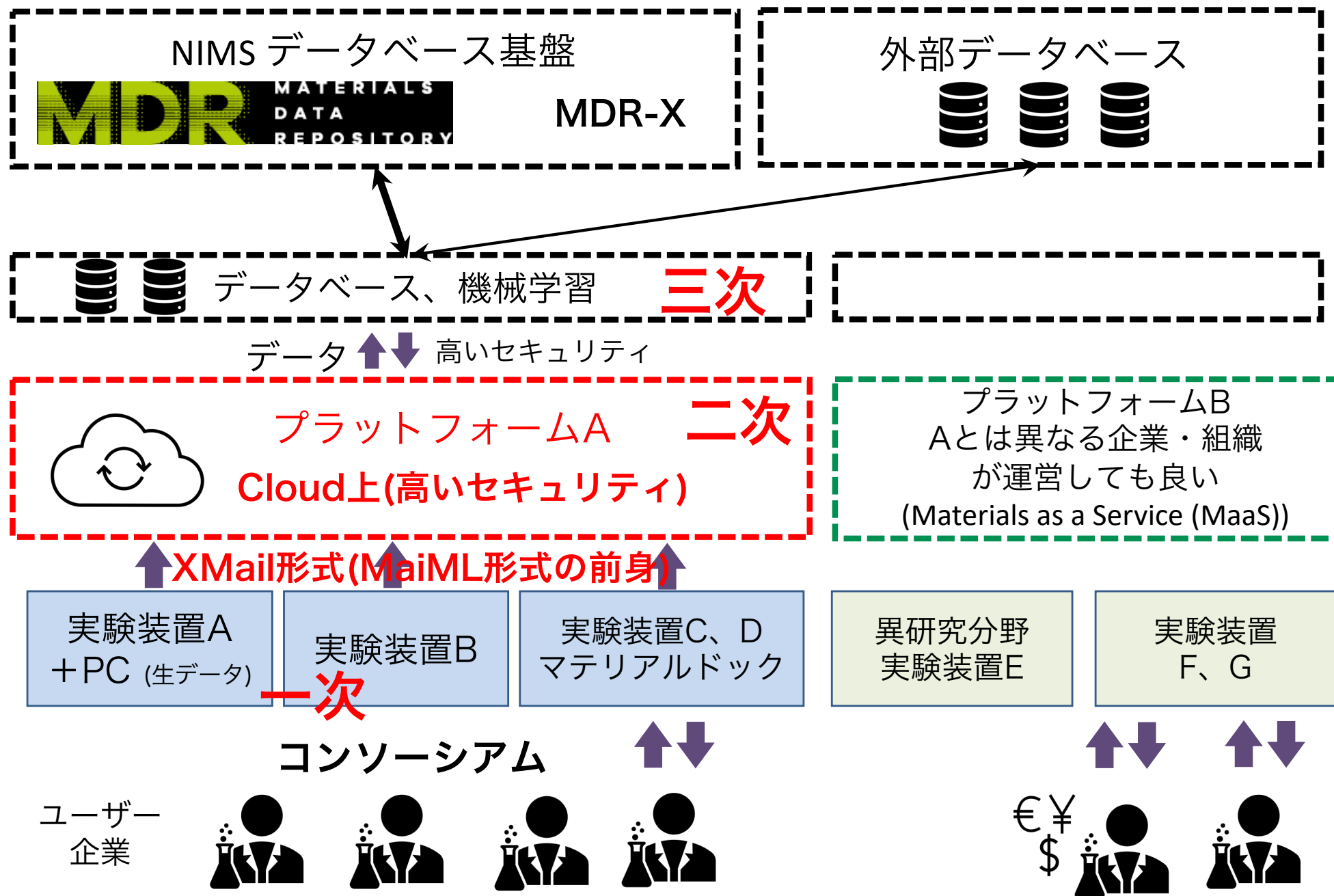


シェアリングすることにより、 利用できるデータが拡大

競争領域		非競争領域
良好な 特性	企業はclosed を希望(知的財産) 学界はopen	<u>従来はデータが揃っていなかった</u> 予期せぬ結果が期待できる
そこそこな 特性 (低性能)	<u>従来は活用できなかった</u> ネガティブデータ が活用できる	<u>従来は活用できなかった</u> ネガティブデータ が活用できる

データを共有すればwin-winになれることを実証し、
皆でデータを活用する体制作り

データ共有に向けて



データ共有、取引に向けて

1. 企業がデータを出すインセンティブは何か？

- メリット、デメリットは？ Win-winの関係とは？
- 不公平感をどう解消するか？ データを多く出したものへの報酬

2. 活用できるデータ空間が拡大

- 装置のシェアリング(放射光、スパコン等のように)
- 本当に使えるデータなのか？再現性、人依存

3. コンソーシアム内でのみ公開

- 公開できるデータは所有者が指定(容易な管理機能、改ざん防止)
- 秘密計算(データを暗号化したまま計算)が必要か？

https://www.rd.ntt/sc/project/data-security/secure_computation.html

4. 取引については、まったく未整備

- 所有しているデータを販売

企業がデータを共有してくれない

1. アカデミアが先行してデータ収集

- そこに企業が集まってくる

2. 装置とデータをクラウド上でシェアリング

- 自社の実験装置で取得したデータではなく、
 シェアリングした装置で出たデータを共有
- 心理的バリアの低減

3. 人材育成

- データを共有すれば、
 win-winの関係になる意識の涵養

業界の動き：参考情報

1. JACI(新化学技術推進協会)

- データ販売(切り売り)のルール整備
- マテリアル×デジタル人材育成 (協調領域)

1. JAIMA(日本分析機器工業会)

- 実験装置から出力されるデータのフォーマットを共通化
(改ざん防止機能なども備える) (XMAIL形式)
- 世界標準として打ち出したいところ

2. JAIMA 技術委員会

- 実験装置を物理的に接続するためのフォーマット策定
日本電子、堀場製作所、島津製作所、リガク等々

標準化への動き

- **LADS** (Laboratory and Analytical Device Standard)

JAPAN(JAIMA), USA, Germany, UK, Netherlands, Spain

<https://opcfoundation.org/markets-collaboration/lads/>

- **SiLA** <https://sila-standard.com/join-us/>

(SiLA対応装置) <https://sila-standard.com/product-store/>

リキッドハンドラー、ディスペンサー、ロボットアームなど、64製品

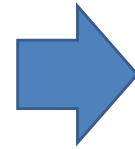
- Chemspeed, Kebotix等のベンチャー企業

日本発の規格、アイディアを
世界に提示していきたい

マテリアルDXに向けて

1. リアル空間

- 自律化技術
- 実験装置間をつなぐ
- 実験室のCASE



日本が主導権を握る
ラストチャンス

2. サイバー空間

- データの蓄積(データ構造): 試料の素性と質の担保
- データ流通(売買)の仕組み・ルール整備
- データ共有の仕組み作り・マインドの醸成

Garbage in, garbage out

にならないような設計が必要

例: 自分のPCの中にある10年前の実験データは
今は全く活用不可能(素性が分からない)

なぜマテリアルDXが進まないのか？ 研究を加速するために必要なこと

1. 理化学機器メーカーの変革

- ラボの理化学機器がDX対応していない
- 世界のデファクトスタンダードを狙う (プラグアンドプレイに)

2. ラボシステムインテグレータ(SI)の育成

- 世界中のラボを日本企業が建設
- ラボSIは最初にデータに触れる→**ラボのデータを握るチャンス**
→ これが海外企業になるとマテリアル業界・学界は壊滅

3. 意識改革 → すそ野を広げる

- 世界一多くの大谷選手(二刀流: デジタル×マテリアル)を育成
- 教育: **学部レベル**でも進める(オンラインで大学の壁を越えて教育)
- 研究者: JST-さきがけ(若い人ほどアンテナが高い)立ち上げ

実験装置:

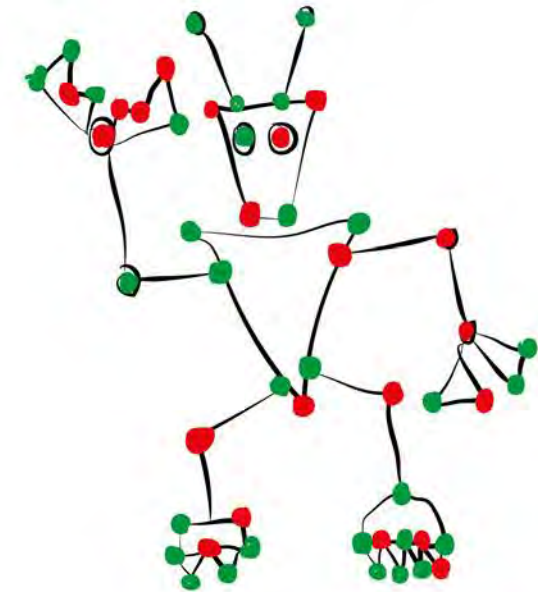
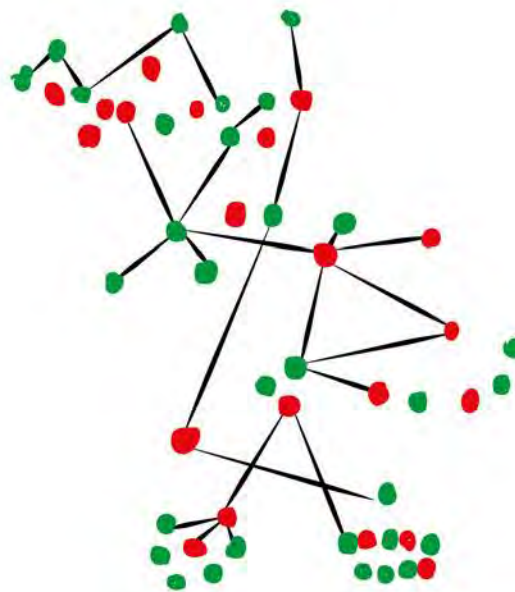
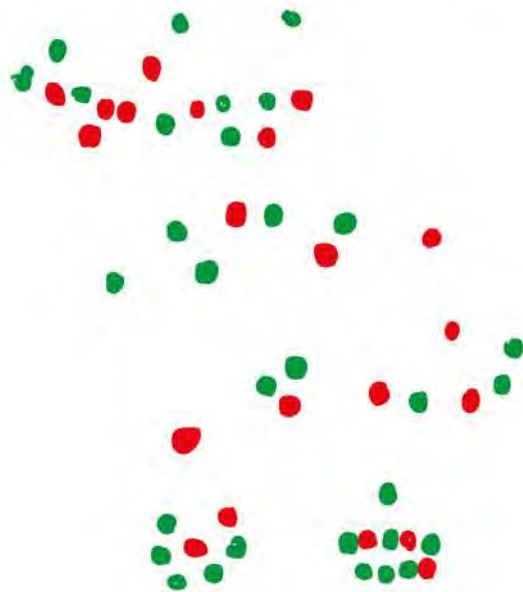
データに加え、アルゴリズムに基づく解釈の提供

データ

解釈

研究者

創造



従来: 点を打つための実験装置

→ 点を提供

→ さらに「解釈」へ → これもデータ

研究者は「発想を得る」「創造」に注力

研究開発の現場に導入するまでの道筋

1. 課題設定が重要

- どの課題にどの技術を導入するか？
- 組織内に成功例を作り、支持者を拡大

2. その見抜く目を養うためには？

- 機械学習やロボットの専門家に
全員がならなくて良い → あくまでツール
- 初歩的なことを理解すれば、
先端研究をある程度フォローできる
- 重要なことは、その道の専門家と
「会話」すること、そして、人脈

人工知能とロボットの可能性と限界を知る

人材育成

東京工業大学

物質・情報卓越教育院

Tokyo Institute of Technology

Tokyo Tech Academy for Convergence
of Materials and Informatics (TAC-MI)

日本語

English

2019.01.04

物質・情報卓越教育院ホームページ開設



Scroll

ナノテク・材料×デジタル人材育成

「情報科学を使って物質科学研究を加速すること」
を学ぶ教育課程 (所属学生62名)

自律実験技術を どのような課題に適用するか

- マニュアルが整備され、再現性が高い
 = ワークフローが明解で個人差が少ない
- 技術の発展が少ない
 → すぐに陳腐化しないので、費用対抗が高い
- 多くの人が時間を費やしている作業
 → 費用対効果

皆が使う汎用技術へ適用

どのように構築するのか

1. 以下の5つを統合 (→ チームを作る)

① 物質合成装置のハードウェア

(ロボット動作の制御系を含む)

② 分析装置のハードウェア

③ ベイズ最適化などの情報科学の技術【産総研・安藤康伸】

(マテリアル実験用にチューニングされている)

④ 全体をシステムとして動かす

ソフトウェア・ハードウェアエンジニア(生産技術部門)

⑤ 化学・材料の研究者【一杉研究室】

2. モジュール化

3. 最初に全体設計をしておく

- ラボシステムインテグレータが生まれる
- メカやデータ形式にデファクトスタンダードができる
図面等、詳細情報を公開中

自律実験を成功させる秘訣

1. 適切な課題を設定し、ワークフローを明確にすること
まずは、小さなサイクルで小さな成功体験を作る
2. 全体像の青写真を描いておく
 - すべてを一度に構築するのは不可能: 予算や周囲の理解を得ながら進める
3. 実際に研究を行っている部署が、
自動化・自律化に興味をもっていること
そこがマテリアルズインフォマティクス推進部署と連携
3. チーム構成が重要:
 - ① メカに詳しい人材(生産技術部門)
 - ② 「情報科学」をツールとして扱える **社内の人材**
が参画していること

詳しくは

- 一杉研HP 一杉messages
AIロボットに関する
ホームページもあり



- 2021年1月 JST-CRDSレポート 誰でもダウンロード可
 - 「リサーチトランスフォーメーション」
 - 「プロセスインフォマティクス」
 - 「人工知能と科学
～AI・データ駆動科学による発見と理解～」
 - 「研究機器・装置開発の諸課題
－ 新たな研究を拓く機器開発とその実装・エコシステム形成へ向けて -」

まとめ: オープンサイエンスとデータ利活用

機械学習とロボットが 科学的知見を生み出す時代

1. データの利活用は、ラボのシステム化と
セットで考えることが必要ではないか
 - 本当に使えるデータの生成
 - 装置・ノウハウのシェアリングが風穴を開ける
2. 企業を含めたデータ利活用に壁あり
 - **ラボシステムインテグレータが鍵**
3. 共用施設が世界のマテリアル研究センターへ
 - **世界がセンターを頼らざるをえない状況へ**

皆がよりオープンで柔軟な考え方へ