

# 委員提出資料

平成29年7月

# 目次

1. 井上委員	• • • • 2	8. 渡慶次委員	• • • • 21
2. 上杉委員	• • • • 3	9. 内藤委員	• • • • 26
3. 生越委員	• • • • 11	10. 中嶋委員	• • • • 31
4. 草間委員	• • • • 12	11. 中山委員	• • • • 36
5. 関 委員	• • • • 13	12. 林 委員	• • • • 42
6. 高梨委員	• • • • 17	13. 原 委員	• • • • 53
7. 田中委員	• • • • 20	14. 一杉委員	• • • • 54

# 自己紹介：井上純哉

所属：東京大学先端研／物質・材料研究機構

専門分野：材料力学／マイクロメカニク／構造材料

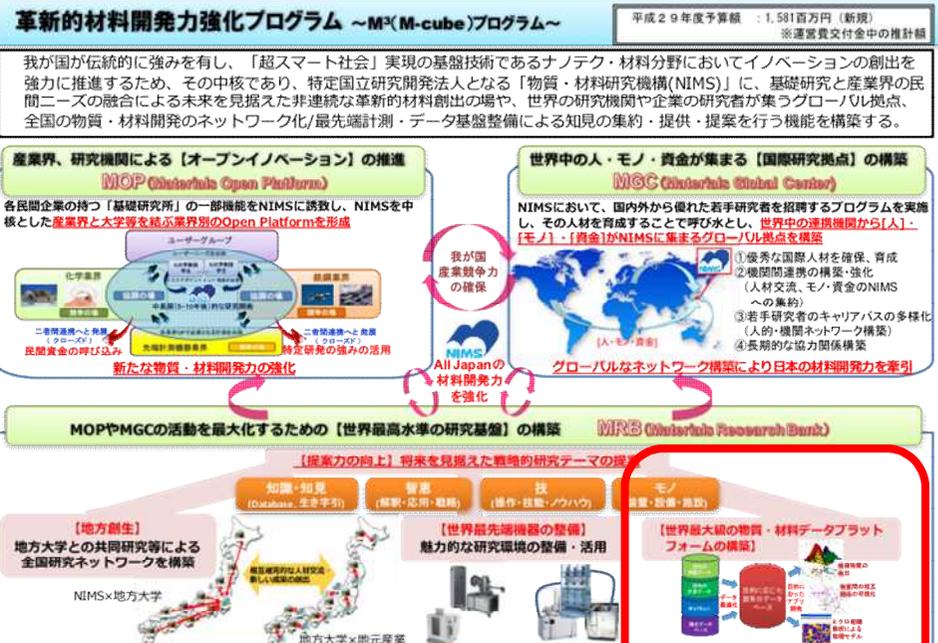
## ナノテク\*・材料との関わり \*死語？

参考資料抜粋

### 第5期 科学技術基本計画④



東大教員として



NIMS職員として

## 取り組み内容：

参考資料抜粋

- ＜サイバーとフィジカルの高度な融合を実現する  
基盤技術の革新＞
- ・人やあらゆる「もの」から情報を収集する「センサ技術」
- ・サイバー空間の処理・分析の結果を現実世界に作用させるための機構・駆動・制御に関する「アクチュエータ技術」

個別技術だけでなく、融合方法も課題  
⇒データ駆動型手法・データ同化  
(デジタル・ツイン)を実現させる  
枠組みに関する研究

# 2050年の材料及び 機能分子は何か？

京大・上杉

# 2050年の技術

## 移動手段

自動運転による輸送  
ガソリン車生産停止  
電池で飛ぶ飛行機

## 生産

AIによる中間管理職の消滅(キャリアパス問題、フリーランス増大)  
スキルのない労働者の低賃金による生産性向上の妨げ  
養殖魚によるタンパク源生産  
ロボット・フレンドリー  
広範囲な人材発掘  
空気が生産資源に(次のハーバーボッシュ法)  
ゴミ資源(廃棄困難な物質を日本で有用物質に変換する)

## 健康

再生医療の実現  
遺伝子編集による治療や予防  
若返り治療  
がんワクチン(予防、治療)

## くらし

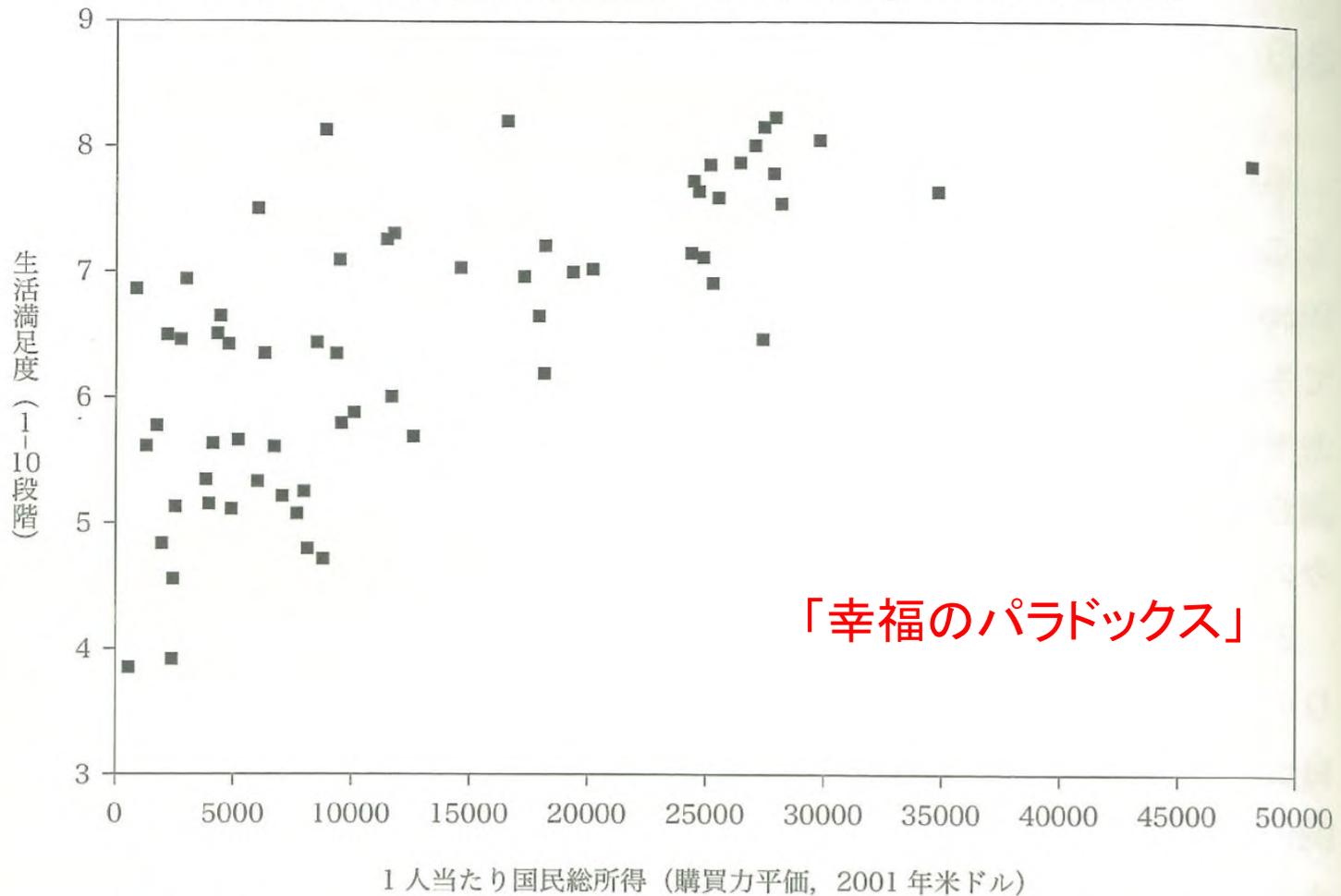
コンピューティングは電気や水のように公共サービス(クラウド化)  
IOTによるあらゆるもののコンピュータ化  
AIスピーカー  
無線送電(充電)  
ロボット・フレンドリー  
オンライン教育、反転授業

参考: 2050年の技術 (英国「エコノミスト」編集部)

# Human Happiness

# GDPと生活満足度

図 3-2 各国の生活満足度と所得水準の相関関係 (2000 年代初頭)



注：世界価値観調査 (World Values Survey) 1999-2004 年, 世界開発レポート (World Development Report) 2003 年のデータにより作成。

# 幸福とは

参考: Nettle 2005

- 喜びと楽しみの瞬間的感情
- **生活満足度**: 生活全般に対する満足感
- **人生の質**: 自分の可能性を伸ばし、素質を発揮する

問題

「順応」「比較」により幸福が薄れる  
「持続可能な幸福」は存在するか？

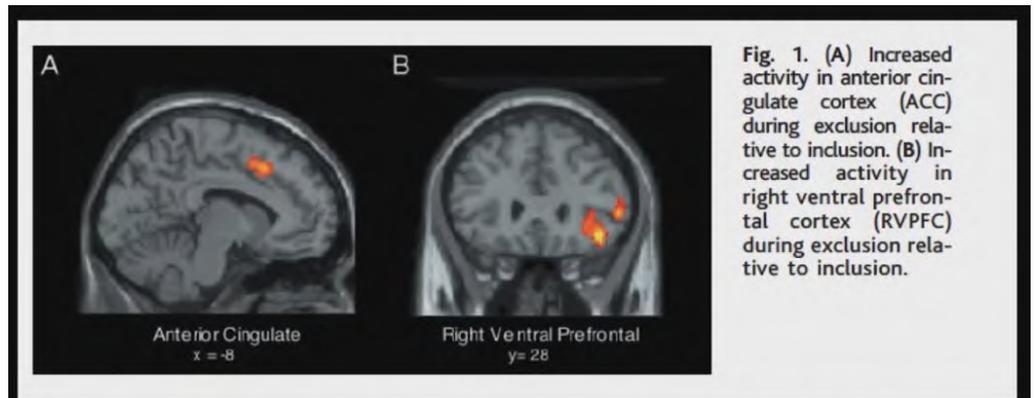
# Social Connection

TABLE I

Happiness (aggregated Person-Level z-score) by top ten most frequent activities\*

	Happy (z-score)	T-value	P <	N
TV	0.03	1.24	NS	666
Talking with Friends	0.35	9.87	0.000	325
Eating a Meal	0.19	5.78	0.000	524
Unspecified Homework	-0.30	-8.21	0.000	409
Individual Work	-0.11	-2.99	0.003	358
Listening to Lecture	-0.21	-5.36	0.000	381
Chores	-0.21	-4.44	0.000	343
Fun Reading/Writing	-0.01	-0.14	NS	324
Mathematics	-0.25	-5.27	0.000	327
Talking with Family	-0.03	-0.53	NS	281

Studies by Mihaly Csikszentmihalyi



Social pain activates the same regions of the brain that signal physical pain.

# 持続的幸福的要素

- 社会的つながり
- 選択 (自分の好きなことに焦点をあてる)
- 自立 (自営業の方が雇用者より幸福度が高いRyan, Deci, 2000)
- リサイクル (例: 古着)
- 自己実現

# 2050年の技術

- つながり
- 選択
- 自立
- リサイクル
- 自己実現

## 移動手段

自動運転による輸送  
ガソリン車生産停止  
電池で飛ぶ飛行機

## 健康

再生医療の実現  
遺伝子編集による治療や予防  
若返り治療  
がんワクチン(予防、治療)

## 生産

AIによる中間管理職の消滅(キャリアパス問題、フリーランス増大)  
スキルのない労働者の低賃金による生産性向上の妨げ  
養殖魚によるタンパク源生産  
ロボット・フレンドリー  
広範囲な人材発掘  
空気が生産資源に(次のハーバーボッシュ法)  
ゴミ資源(廃棄困難な物質を日本で有用物質に変換する)

## くらし

コンピューティングは電気や水のように公共サービス(クラウド化)  
IOTによるあらゆるもののコンピュータ化  
AIスピーカー  
無線送電(充電)  
ロボット・フレンドリー  
オンライン教育、反転授業

生越 専介 (大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻)

専門：有機金属化学 触媒化学 錯体化学 有機フッ素化学 有機合成化学

20世紀最大の発明の一つとされる PTFE(テフロン)は、この先も生産される。

その一方で、PTFE を生産は、地球温暖化係数が 14,800 (CO<sub>2</sub> を 1 とする) であるフルオロホルム(HCF<sub>3</sub>)(フロン 23)を同時に排出してしまう。フロン 23 などのフルオロカーボン化学的に非常に安定であるために焼却処分されている。フロン 23 は世界中で年間 25,000 トン産出され、大気中には 264 年滞留し、産出量は年間 5%ずつ増加している。

「解決法・・・」

フロン 23 から付加価値の高い医薬品等への変換はできないのか

フロン 23 を発生させない手法の開発はできないのか

全ての原料精製に多大な費用と莫大なエネルギーが費やされている。

エネルギーバリューチェーン

これからの社会 (未来社会?)

ナノテクノロジー・材料分野

日本の人口が減少・留学生も少ない。さらに、とどめの理系離れ (特に工学系)

全てのテクノロジーを支えるには、(自立できる) 人材が完全に不足している。

全方位に向けての (見場の良い) 対策は、最終的には全敗になる。

「選択と集中」言うのは簡単ですが・・・「公平な不平等」を考える必要がある。

全ての分野において・・・

研究費が不足・・・運営費交付金が減るとさらに逼迫する。

地方大学の研究レベルの低下が如実である。

不連続に (突然に) 成果が出る研究への理解 (研究資金) がない。

研究によっては、成果がでる兆候もなく突然ポジティブデータが生まれる。

これらへの対応はどう考える。

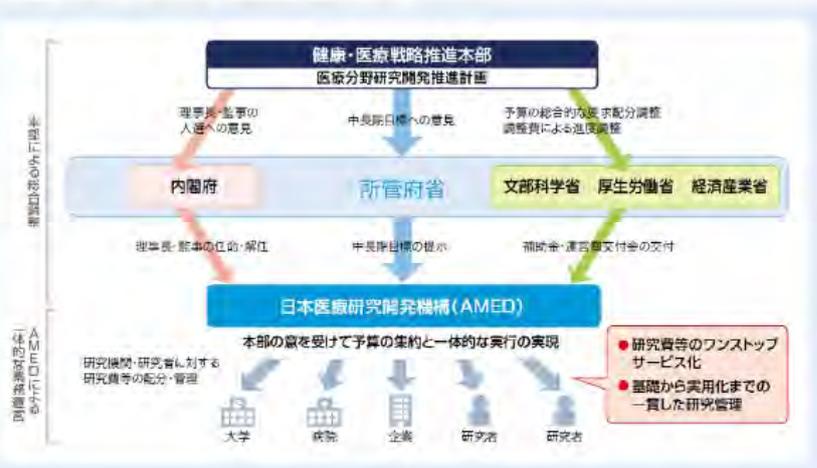
# 第1回 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発戦略 検討作業部会

2017.7.19 文部科学省

日本医療研究開発機構  
創薬戦略部 医薬品研究課 主幹  
草間 真紀子



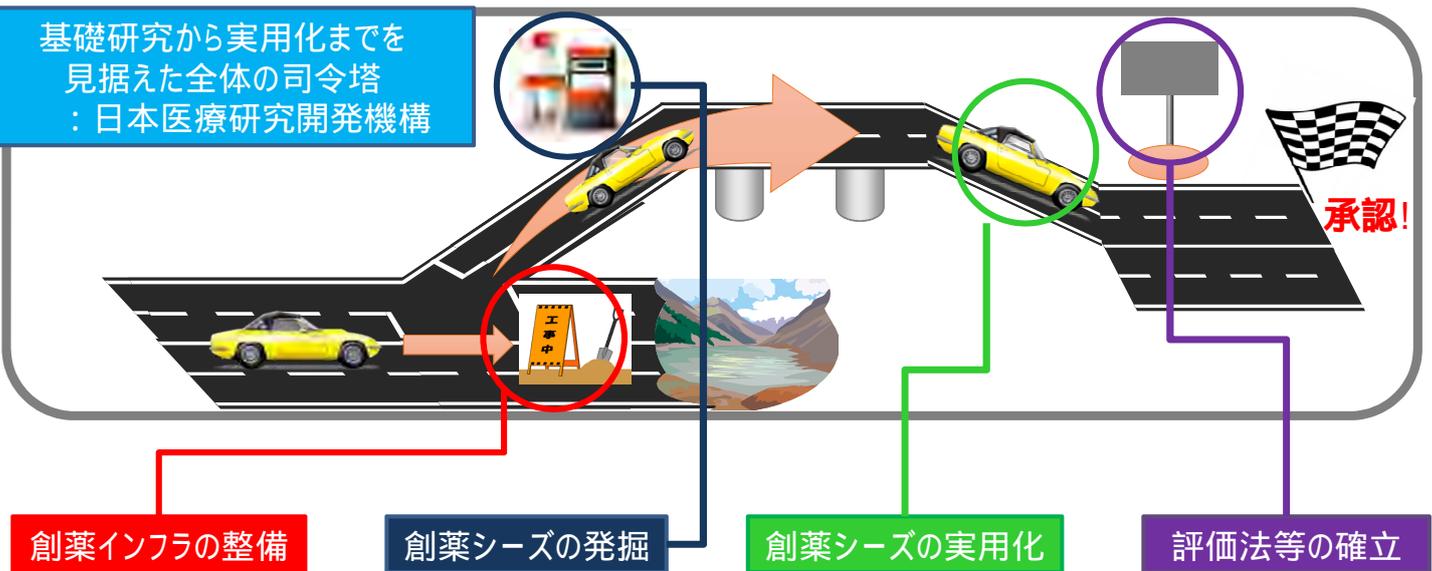
## 日本医療研究開発機構(AMED)の位置付け



## 基礎研究から実用化まで



基礎研究から実用化までを  
見据えた全体の司令塔  
：日本医療研究開発機構



産学官連携を促すさまざまな事業：  
CiCLE、GAPFREE

AMED「ナノ」を含む課題：

(用語としては：ナノ粒子、ナノシート、ナノカプセル、ナノプロブ、ナノパーティクル、ナノチューブ、ナノDDS)  
医療機器・診断、DDS、DDS以外の医薬品・治療法、生体材料、その他

# トポロジー・対称性を活用した 革新的な物質機能の開拓

関 真一郎（理研CEMS）

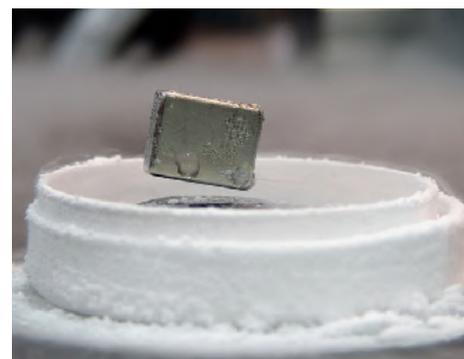
# 超低消費電力なエレクトロニクスの実現に向けて

情報処理の効率化・消費電力の低減はあらゆるサービスを実現する上で重要な共通課題

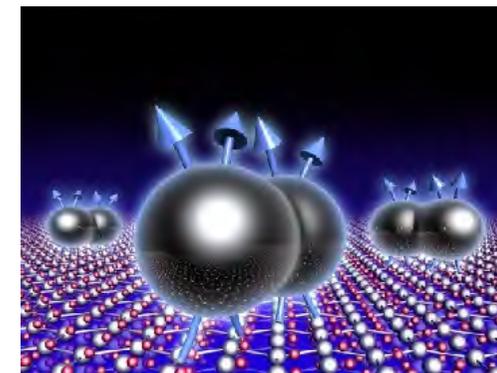
電子の集団（強相関電子系）を使ってどのように新しい機能を引き出すか？



量子力学や相対論が支配する世界



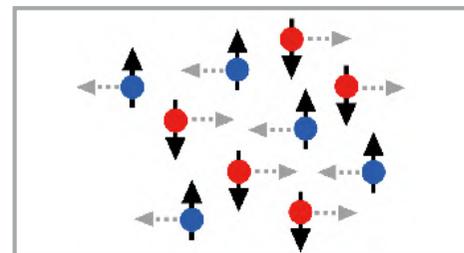
高温超伝導



量子ホール効果

$$\text{ジュール損失} = (\text{電流})^2 \times \text{抵抗率}$$

どちらかをゼロに！



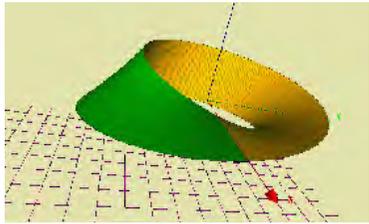
スピン流

エネルギー非散逸な電子の流れを利用

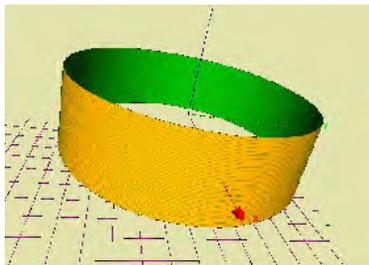
# 革新的な機能開拓の鍵：トポロジーと対称性

## トポロジー：「形」の幾何学

cf. メビウスの輪



= 1 (ねじれ有)



= 0 (ねじれ無)

- ▶ 外乱から保護されており極めて安定
- ▶ 「数えられる」性質
- ▶ 「歪んだ」時空 = 巨大な創発電磁場

→ 全く新しい電子状態

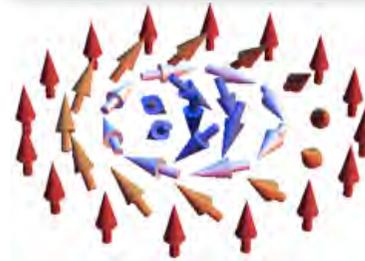


2016年ノーベル物理学賞

「トポロジカル相転移と物質のトポロジカル相の理論的発見」

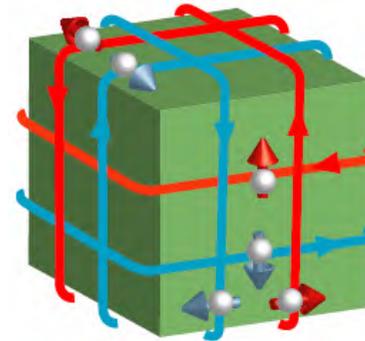
## トポロジカル物質の具体例

磁気スキルミオン (磁性)

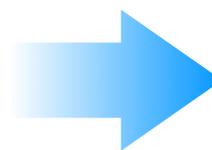


粒子の性質を伴った  
新しいナノ情報担体

トポロジカル絶縁体 (電気伝導)



エネルギー散逸なく  
電子を流せる新材料



スピントロニクス  
非散逸エレクトロニクス  
量子コンピューティング

# 課題と展望



## 新しいトポロジカル電子状態の開拓と機能解明

- ▶ 普遍的な分類学と材料設計指針の確立
- ▶ 物質中のトポロジーを「見る」ための手法の拡充

## 幅広い物質機能へのトポロジー・対称性の応用

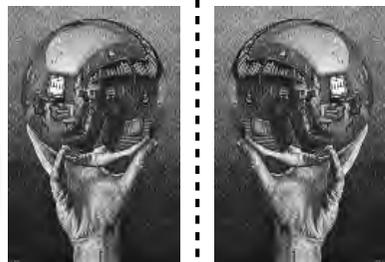
- ▶ 創エネルギー（高効率な光電変換・熱電変換）
- ▶ 整流素子（熱ダイオード、通信用アイソレータ）
- ▶ 交差相関現象（本来独立な外場と応答を結びつける）  
→ 電場による磁性の制御、光による伝導性制御など

## 具体的な応用事例の創出

- ▶ 固体物理・化学・数学・電子工学の各分野が連携し、新材料開発 → 評価 → 薄膜化・デバイス作成の一連のプロセスをスムーズに行える体制が重要
- ▶ 最も有望なのはスピントロニクス分野（記憶演算）
- ▶ 非散逸エレクトロニクスへのパラダイムシフト？



トポロジー



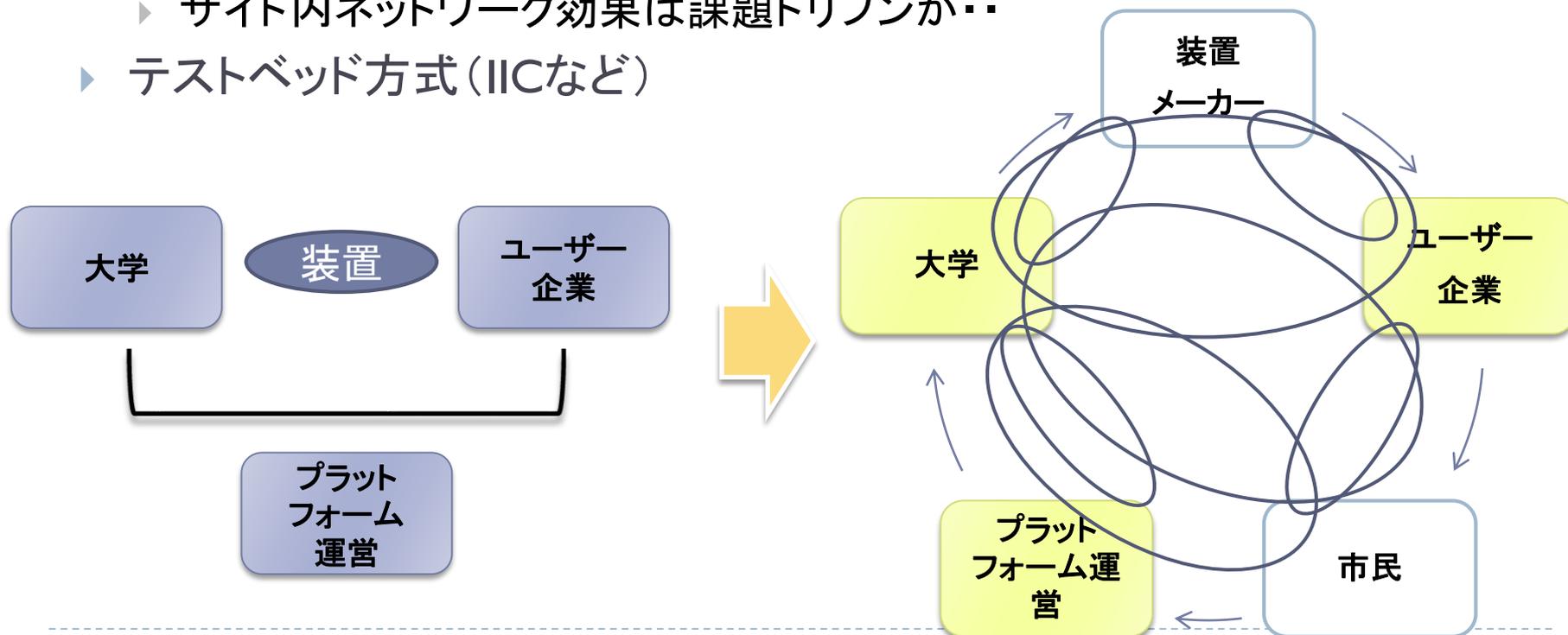
対称性

# ナノテク・材料の研究開発に関する方向性

立命館大学 高梨千賀子

## ▶ 既存ナノテク・プラットフォームのCPS化

- ▶ プラットフォームをマルチ・サイド化⇒各サイドを強化し、プラットフォームに情報のフィードバックループを(多重に)形成
- ▶ データドリブン: データ解析⇒サイド間シナジー(ネットワーク効果)
  - ▶ サイド内ネットワーク効果は課題ドリブンか...
- ▶ テストベッド方式(IICなど)



# ナノテク・材料の研究開発に関する方向性

立命館大学 高梨千賀子

- ▶ 例1) メーカーサイド: 先端(大型)装置の価値最大化
  - ▶ スマート装置化: 装置使用に関する(ビッグ)データをクラウド解析
    - ▶ 装置の維持・更新コスト削減/迅速化
    - ▶ 装置メーカーの技術力強化⇒人材育成
    - ▶ 装置メーカーによる新サービス創出(?)
- ▶ 例2) ユーザー企業サイド: 装置使用に関する情報のデータベース化
  - ▶ 実験や研究そのもののデータではなく、装置使用とその条件に関するデータ⇒スキルとして共有
- ▶ 例3) 市民(製品のエンドユーザー)を巻き込む
  - ▶ 情報提供⇒価値創出のパートナー

# ナノテク・材料の研究開発に関する方向性

立命館大学 高梨千賀子

参考: IIC (Industrial Internet Consortium)

- ▶ エコ・システム形成
  - ▶ 標準化団体との接点(オプション)
- ▶ ワーキング・グループ(課題に対して貢献できるよう方針を創る)
- ▶ テストベッド(実証、パートナーと)
  - ▶ IIRA (Industrial Internet Reference Architecture) に基づくテストベッド申請  
⇒ ステアリングコミッティが審査
  - ▶ ビジネス構想まで含む
- ▶ ユース・ケース(プロモーション)

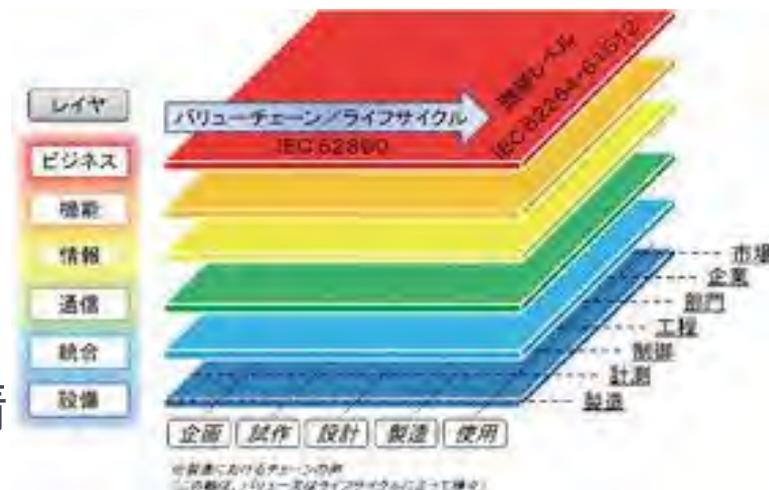
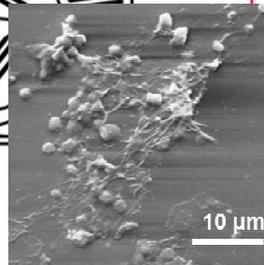
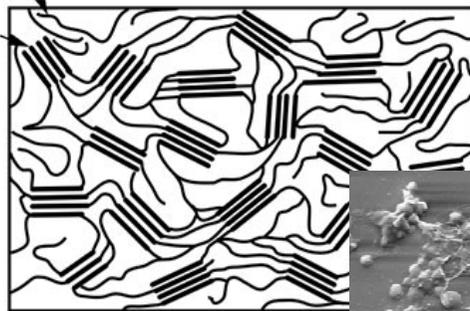
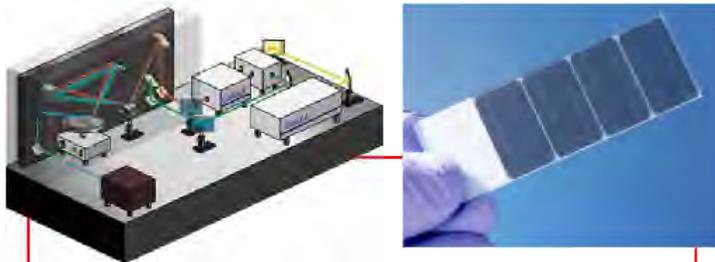


図) IIRA

# Society5.0の実現に資する**ポリマー**の研究開発に関する方向性

九州大学 大学院工学研究院 田中敬二



## 結晶部 + 非晶部 (ナノ～サブμm)

- ・ ナノイニシアチブにより、原子・分子レベルからナノスケールの構造制御に関する知見は充実。
- ・ マクロ物性・機能特性を左右するメゾ領域での構造制御に関するサイエンス・テクノロジーは未成熟。

## ポリマーの特徴 = 薄く、軽く、柔軟

- ・ 弾性率を数桁変えることができ、硬くも柔らかくもなる。人体に近い弾性率。
- ・ 有機物質であることから、多彩な分子設計に基づくスマートマテリアル化が可能

### センサ・アクチュエータ

軽量・フレキシブルウェア  
センサ (ユビキタスデバイス、ソフトロボティクス)



### エネルギー・環境

分離膜 (水処理、物質分離、抽出、精製)  
全固体型電池 (太陽電池、2次電池、燃料電池)

### 構造材料

軽量、高強度、高靱性、耐衝撃性、自己修復性、リサイクル性を有する複合材料  
AI/MIを利用したプロセス技術の開発



## 界面制御による異種材料の融合