

□プロジェクト名

プロジェクト Core Industry

□研究開発分野

次世代材料・分析評価

□研究開発テーマ

塗膜／外用剤の次世代分子デザインに向けた  
3次元可視化法の確立

□研究リーダー

名古屋大学大学院生命農学研究科 青木 弾

□事業化リーダー

中京油脂ホールディングス株式会社 加藤 裕貴  
日本メナード化粧品株式会社 山羽 宏行

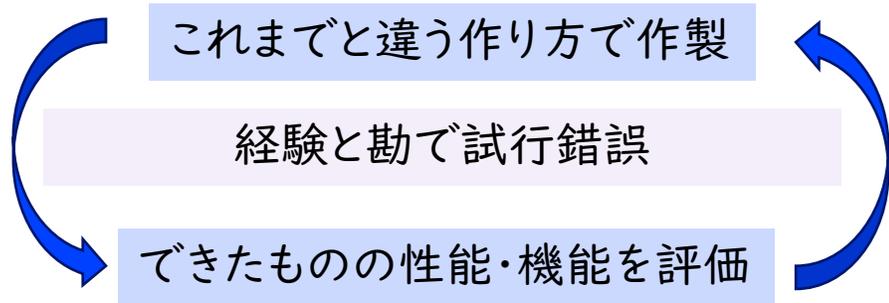
□参画機関名: あいち産業科学技術総合センター

□日付: 2025年2月20日

# 1. 研究テーマの概要

次の製品（物質）を考えると、  
目標となる性能・機能が決まった後、  
それをどう実現するのか、  
考える（デザインする）必要がある

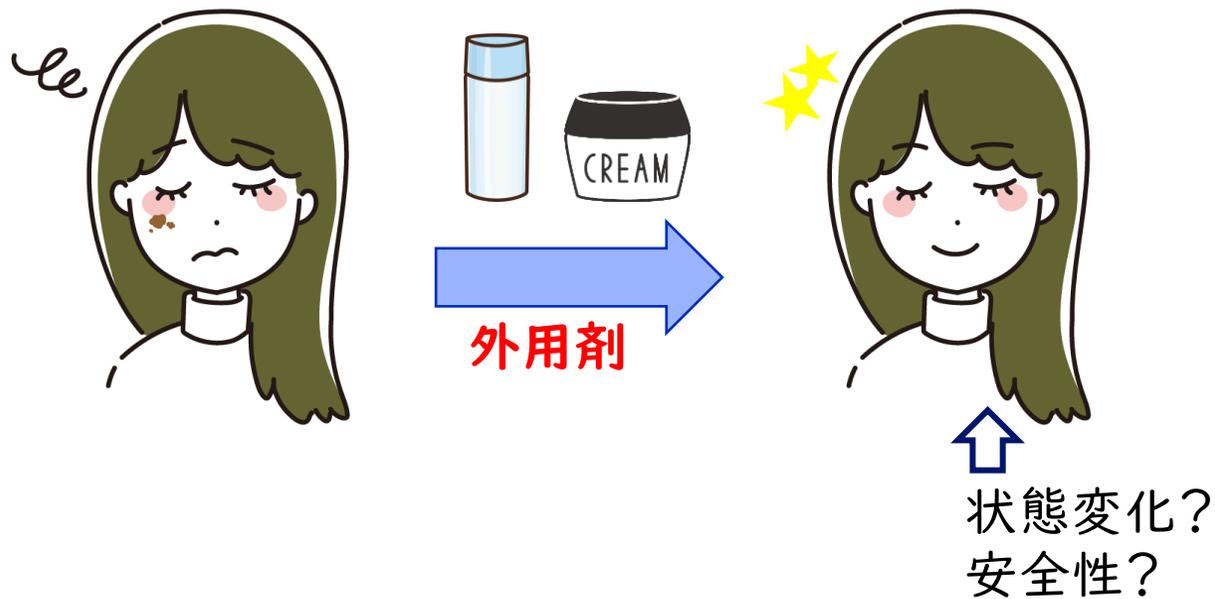
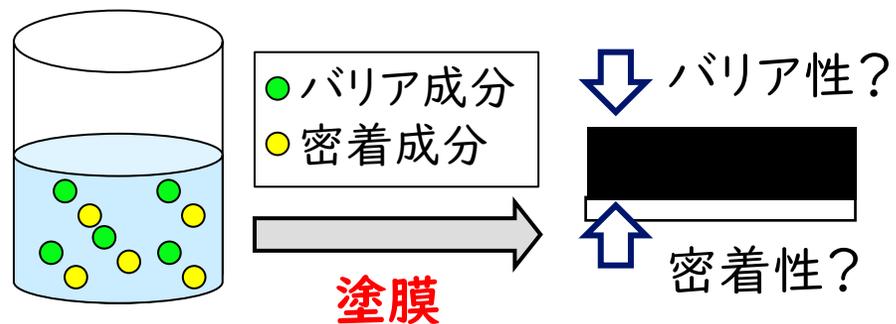
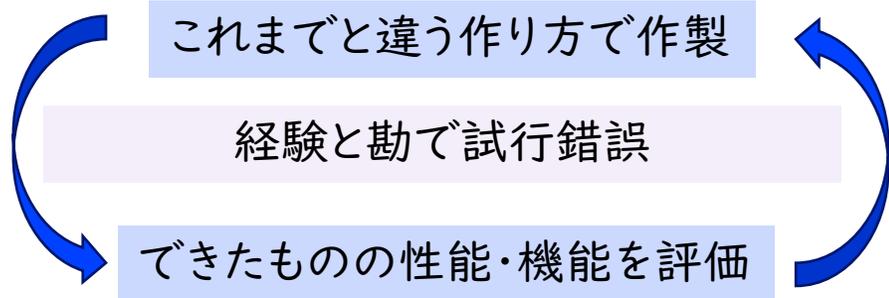
古典的アプローチ



# 1. 研究テーマの概要

次の製品(物質)を考えたとき、  
目標となる性能・機能が決まった後、  
それをどう実現するのか、  
考える(デザインする)必要がある

## 古典的アプローチ



# 1. 研究テーマの概要

次の製品(物質)を考えるとき、  
目標となる性能・機能が決まった後、  
それをどう実現するのか、  
考える(デザインする)必要がある

古典的アプローチ

これまでと違う作り方で作製

経験と勘で試行錯誤

できたものの性能・機能を評価

化学構造? 存在状態?

共存成分? 経時変化?

分子科学パラメータ

成分の  
分布は?

傾斜 (A→B)

傾斜 (B→A)

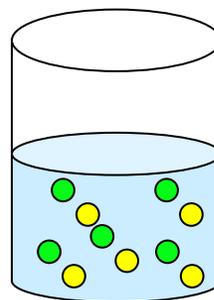
均一

不均一

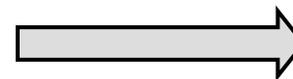
成分の  
挙動は?

外用剤

状態変化?  
安全性?



● バリア成分  
● 密着成分

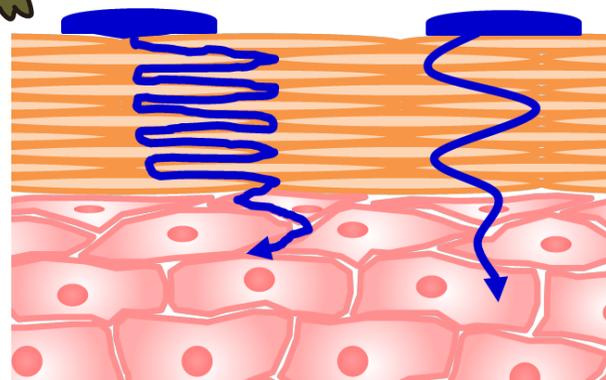


塗膜

↓ バリア性?



↑ 密着性?



# 1. 研究テーマの概要

次の製品(物質)を考えると、  
目標となる性能・機能が決まった後、  
それをどう実現するのか、  
考える(デザインする)必要がある

古典的アプローチ

これまでと違う作り方で作製

経験と勘で試行錯誤

できたものの性能・機能を評価

分子科学  
パラメータの  
詳細な評価

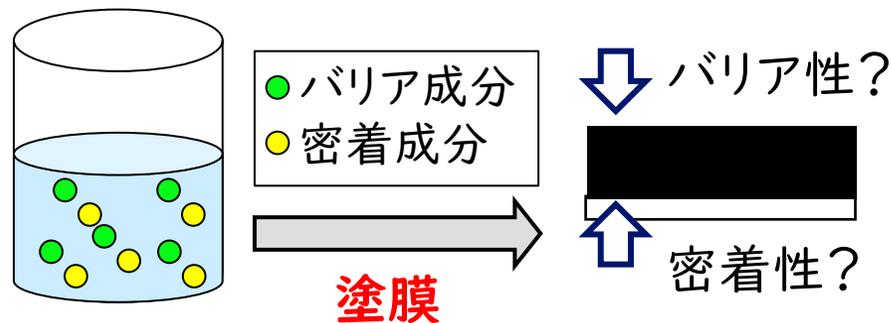
性能・機能の  
発現機構の理解

正しい理解と  
適切なデザイン

化学構造? 存在状態?

共存成分? 経時変化?

分子科学パラメータ



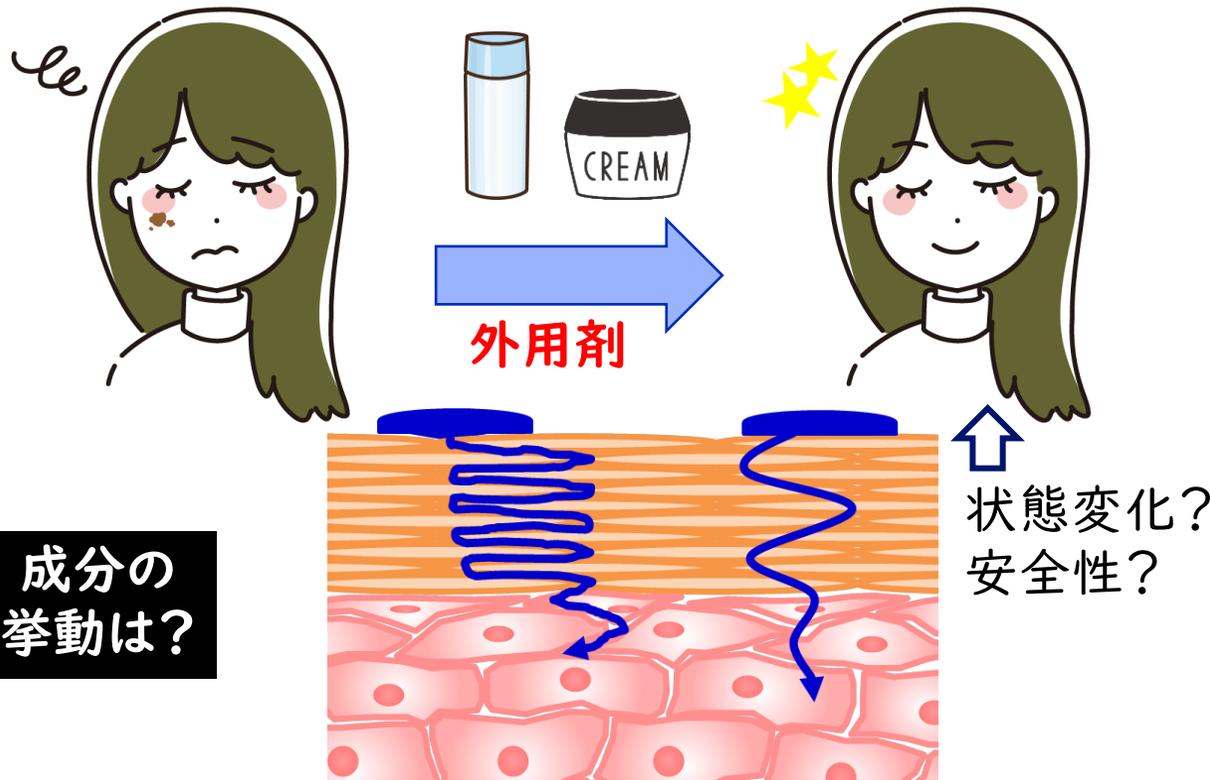
成分の  
分布は?

傾斜 (A→B)

均一

傾斜 (B→A)

不均一



# 1. 研究テーマの概要

次の製品(物質)を考えると、  
目標となる性能・機能が決まった後、  
それをどう実現するのか、  
考える(デザインする)必要がある

古典的アプローチ

これまでと違う作り方で作製

経験と勘で試行錯誤

できたものの性能・機能を評価

分子科学  
パラメータの  
詳細な評価

性能・機能の  
発現機構の理解

正しい理解と  
適切なデザイン

化学構造?

存在状態?

共存成分?

経時変化?

分子科学パラメータ

どこで、何が、  
何と共に?

## 塗膜／外用剤の 次世代分子デザインに向けた 3次元可視化法の確立

分子科学パラメータを  
最適化するための総合戦略を、  
ここでは次世代分子デザインと呼ぶ

何ができたらいいのか?

# 1. 研究テーマの概要

次の製品(物質)を考えると、  
目標となる性能・機能が決まった後、  
それをどう実現するのか、  
考える(デザインする)必要がある

古典的アプローチ

これまでと違う作り方で作製

経験と勘で試行錯誤

できたものの性能・機能を評価

分子科学  
パラメータの  
詳細な評価

性能・機能の  
発現機構の理解

正しい理解と  
適切なデザイン

化学構造? 存在状態?

共存成分? 経時変化?

分子科学パラメータ

どこで、何が、  
何と共に?

## 塗膜／外用剤の 次世代分子デザインに向けた 3次元可視化法の確立

分子科学パラメータを  
最適化するための総合戦略を、  
ここでは次世代分子デザインと呼ぶ

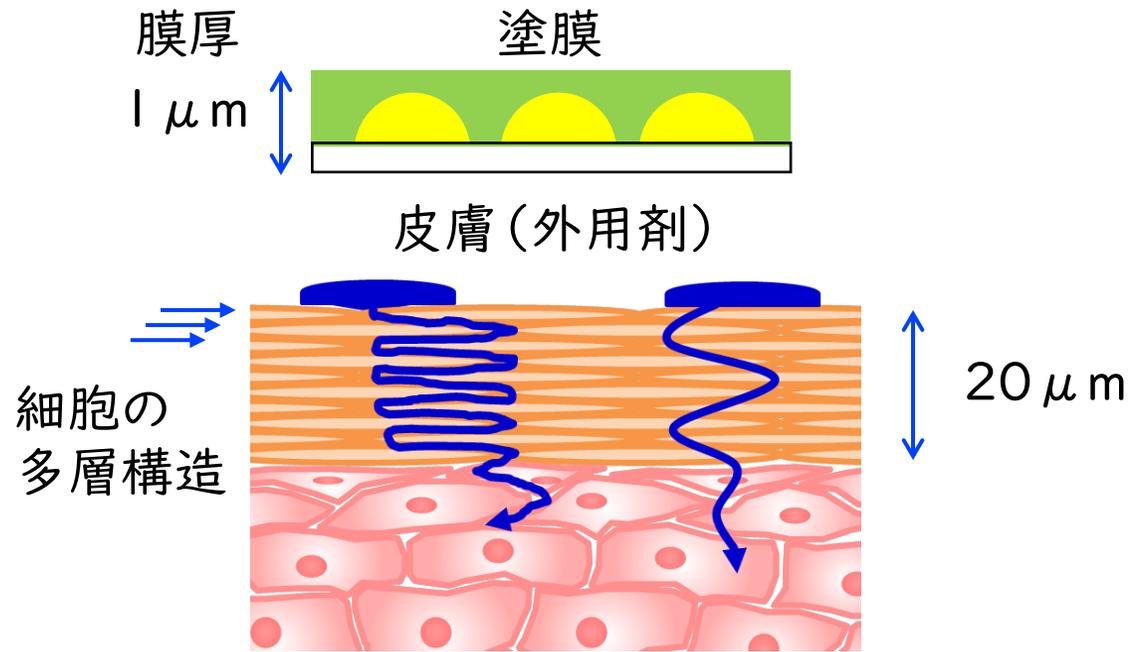
何ができたらいいのか?

複数成分の位置情報を  
同時・立体的に見たい  
(3次元可視化)

# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

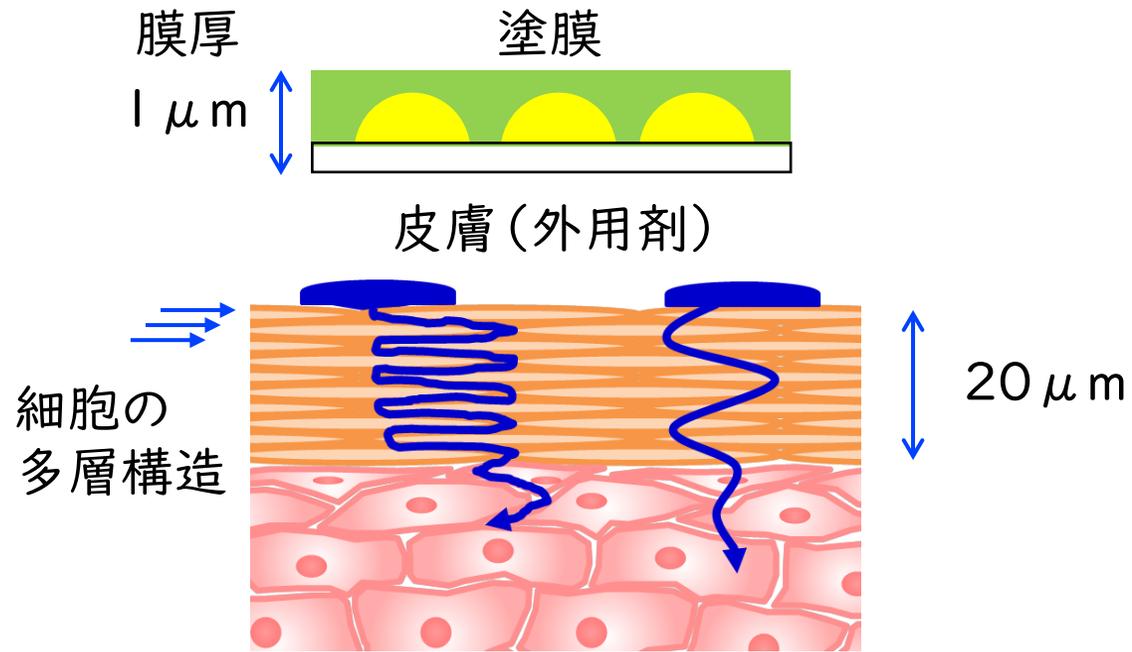
- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出



# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出



### 3次元可視化

### 分解能

有機  
無機

X線CT・MRI



光干渉計



共焦点・分光



質量分析

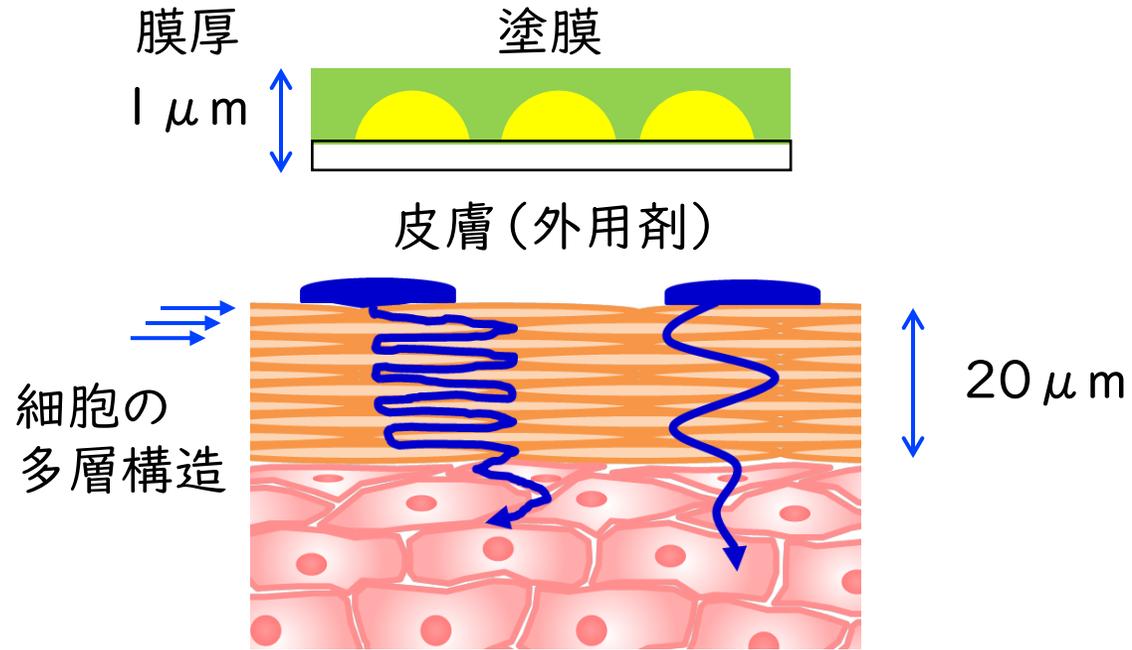
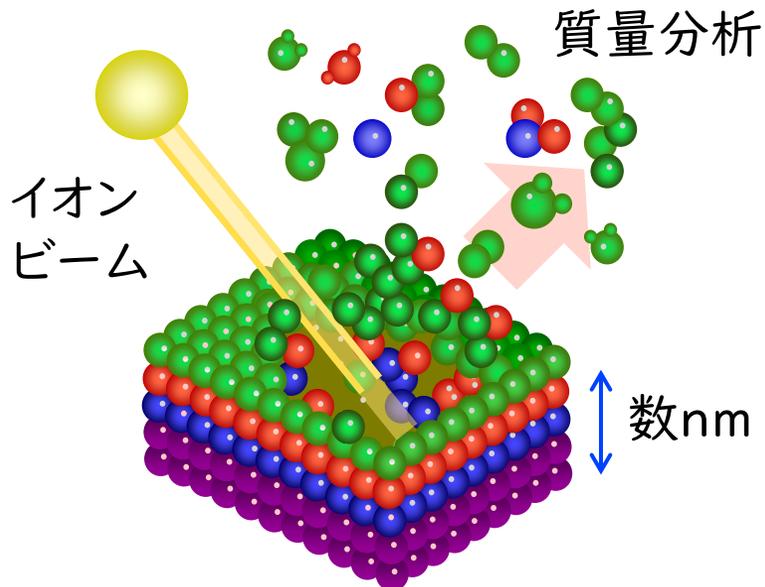


# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出

**表面質量分析**  
& **低損傷エッチング**  
(ガスクラスターイオンビーム, GCIB)



### 3次元可視化

### 分解能

有機  
無機

X線CT・MRI



光干渉計



共焦点・分光



質量分析



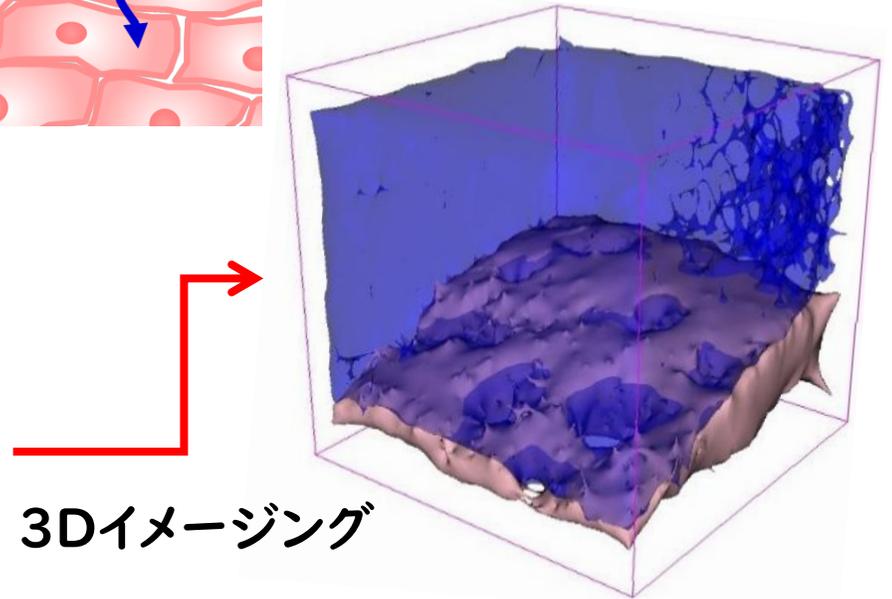
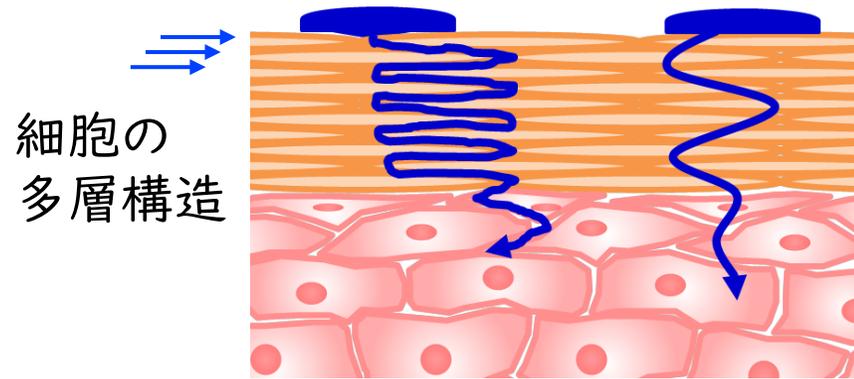
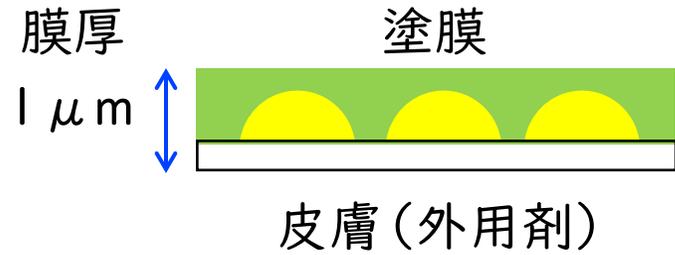
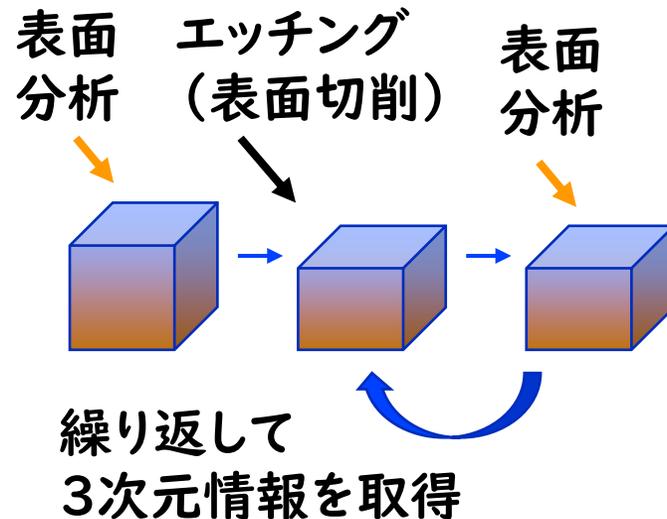
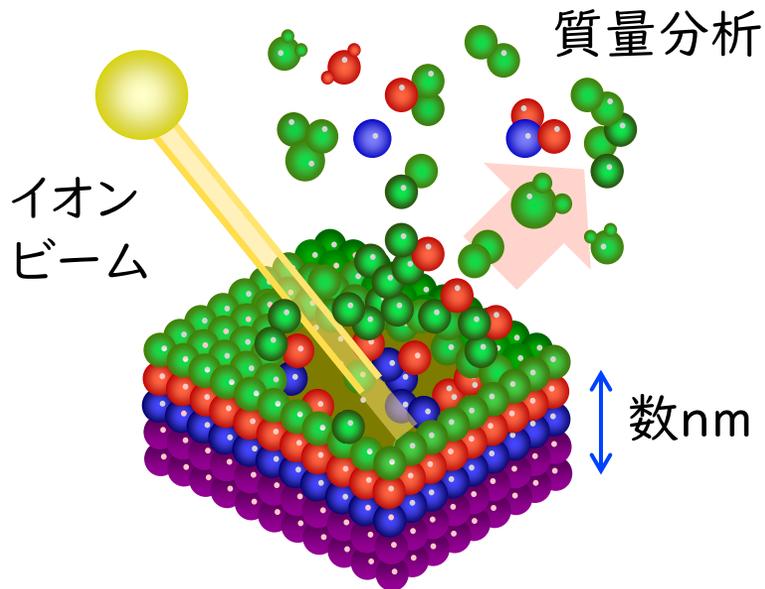
# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出

### 表面質量分析 & 低損傷エッチング

(ガスクラスターイオンビーム, GCIB)



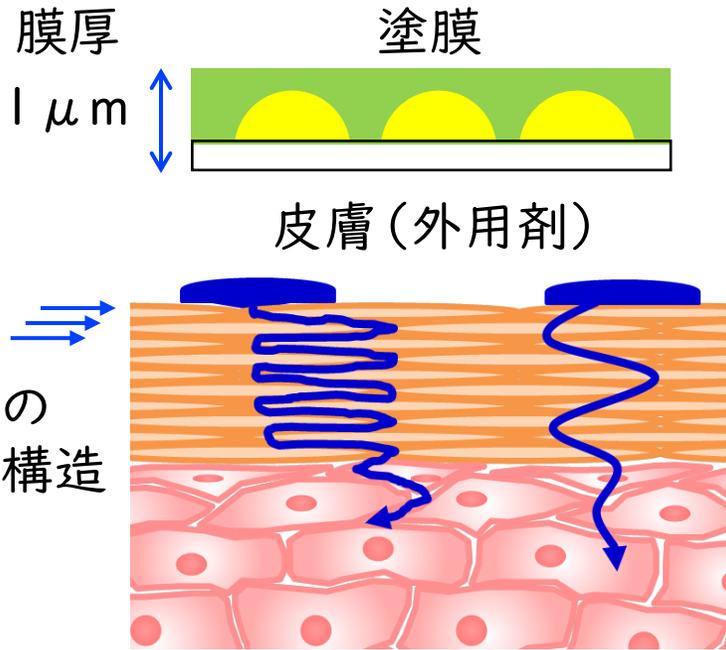
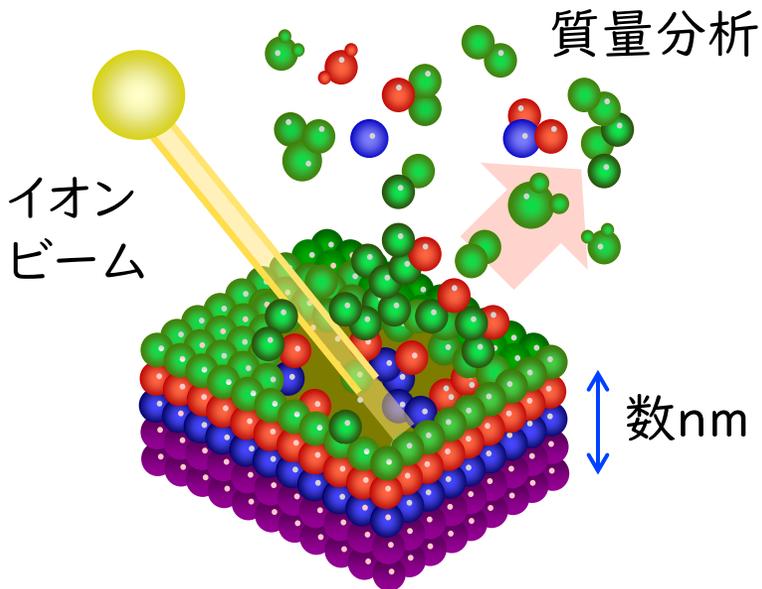
# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

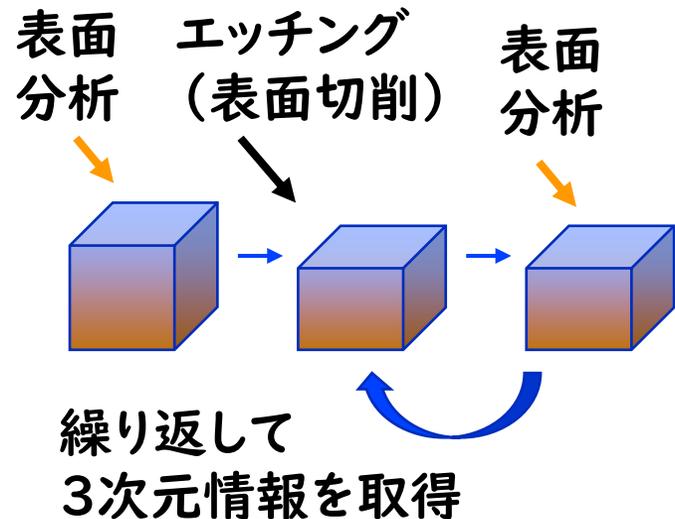
- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出

### 表面質量分析 & 低損傷エッチング

(ガスクラスターイオンビーム, GCIB)



## 可動性成分の凍結固定



真空条件 & 長時間の測定が必要

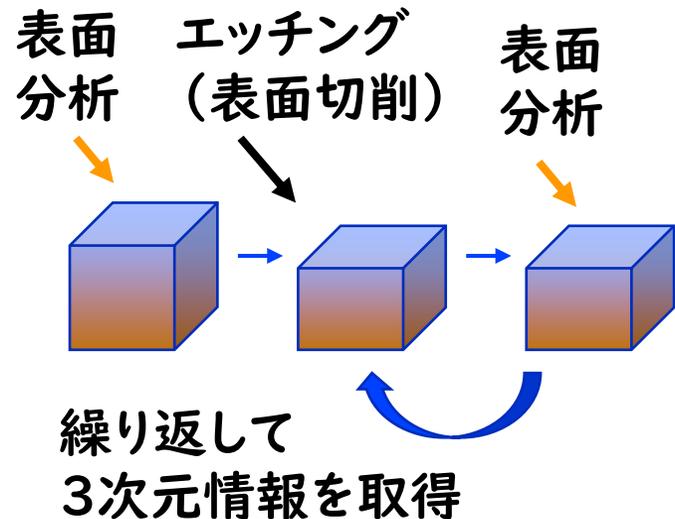
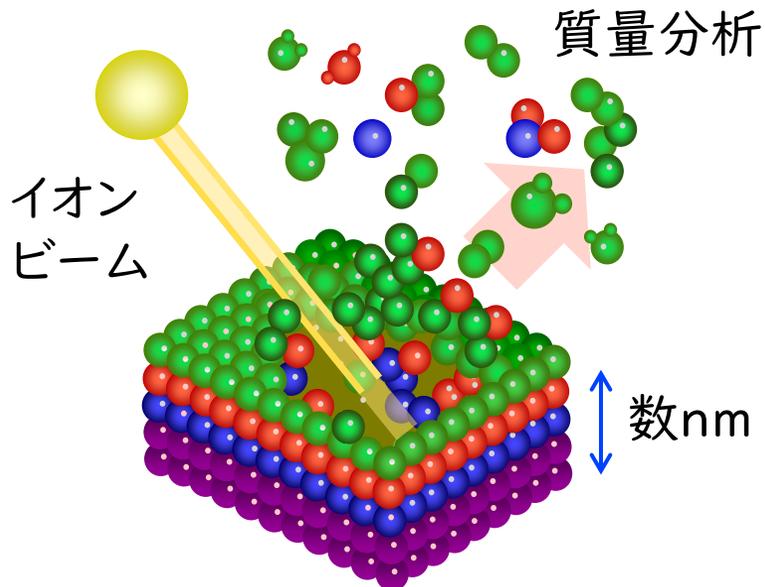
# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

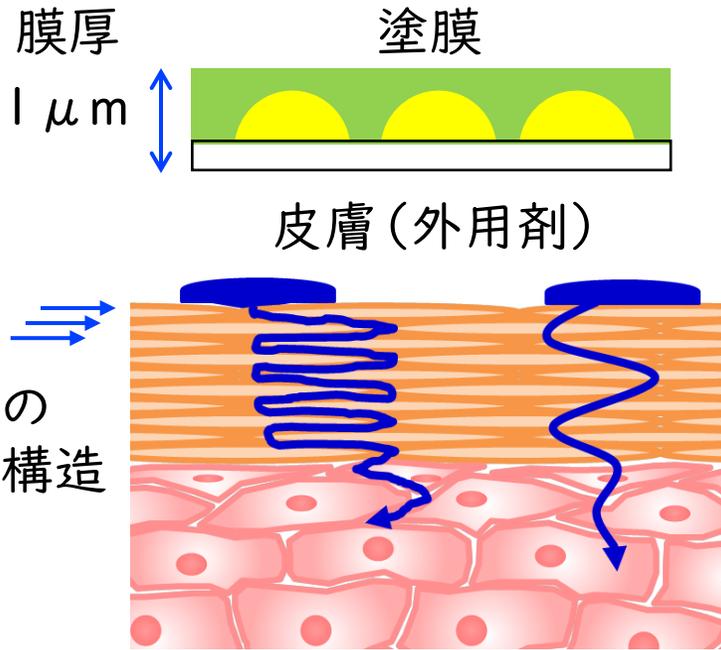
- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出

### 表面質量分析 & 低損傷エッチング

(ガスクラスターイオンビーム, GCIB)



真空条件 & 長時間の測定が必要



## 可動性成分の凍結固定

本体の状態が失われる

経時変化の追跡が困難

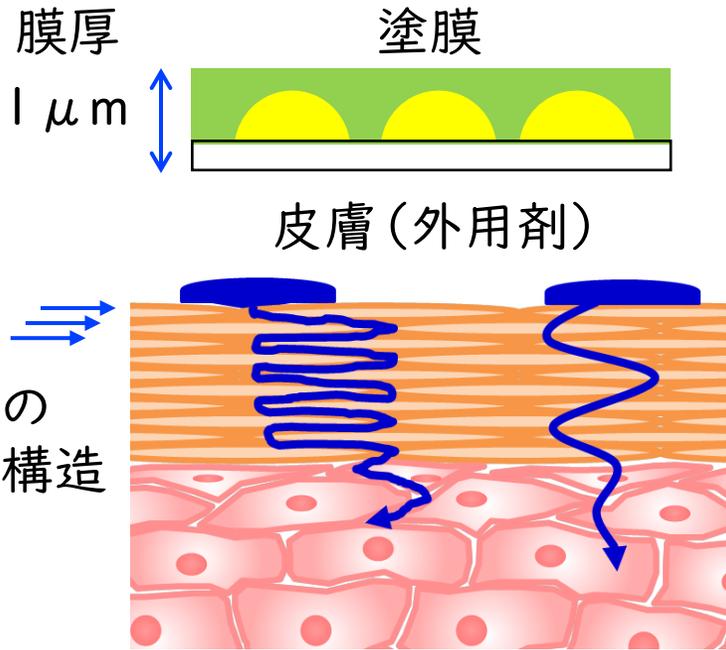
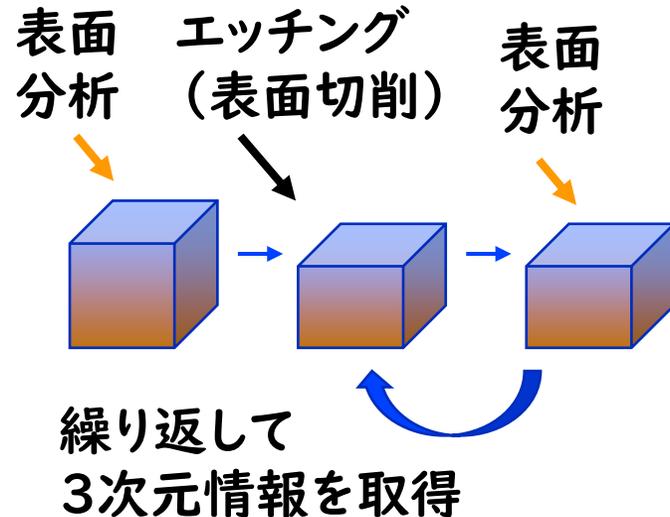
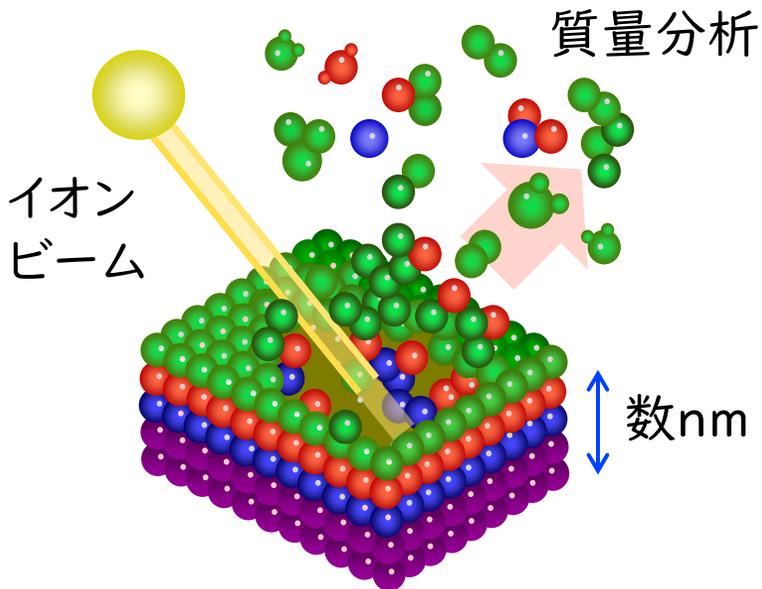
# 1. 研究テーマの概要

## 3次元可視化

- ナノメートルレベルの空間分解能
- 有機物・無機物の同時検出

### 表面質量分析 & 低損傷エッチング

(ガスクラスターイオンビーム, GCIB)



## 可動性成分の凍結固定

本体の状態が失われる

経時変化の追跡が困難

真空条件 & 長時間の測定が必要

-130°Cに冷却し、  
低融点化合物や水分などを  
移動させずに長時間、維持

# 1. 研究テーマの概要

研究開発体制: 参画機関の役割

## ナノスケールの有機3次元可視化法開発

名古屋大学  
あいち産業科学技術センター

導入

飛行時間型二次イオン質量分析装置に  
低損傷スパッタイオン銃、冷却ステージ等を導入し、  
知の拠点あいちで評価技術の  
開発・測定を実施する



知の拠点あいち

## 評価技術の利活用

中京油脂HD  
日本メナード化粧品

利用

次世代分子デザインに不可欠な  
3次元構造解析技術を利用し  
製品開発・安全性検証に活かす

# 1. 研究テーマの概要

研究開発体制: 参画機関の役割

## ナノスケールの有機3次元可視化法開発

名古屋大学  
あいち産業科学技術センター

導入

飛行時間型二次イオン質量分析装置に  
低損傷スパッタイオン銃、冷却ステージ等を導入し、  
知の拠点あいちで評価技術の  
開発・測定を実施する



知の拠点あいち

## 評価技術の利活用

中京油脂HD  
日本メナード化粧品

利用

次世代分子デザインに不可欠な  
3次元構造解析技術を利用し  
製品開発・安全性検証に活かす

研究期間のロードマップ

初年度

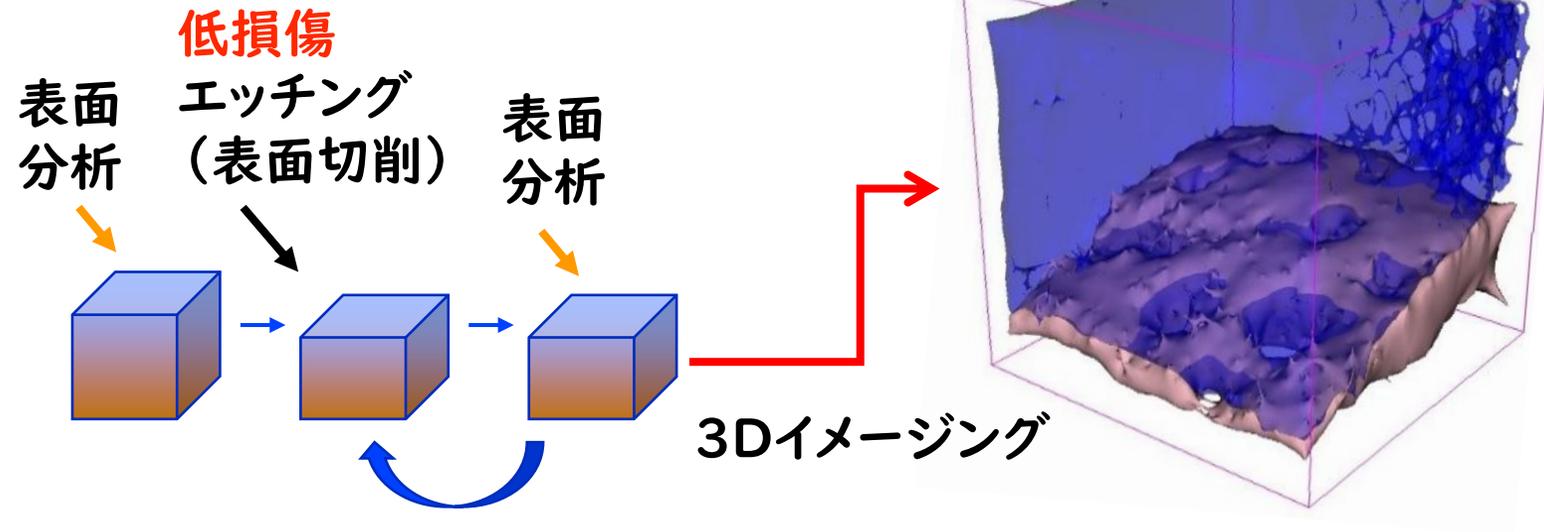
第2年度

第3年度

- 1 標的化合物の分析とデータベース作成
- 2 分析用試料調製法の検討
- 3 低温導入システムの設計
- 4 室温3次元測定
- 5 立体分布可視化と深さプロファイル解析
- 6 低温3次元測定
- 7 3次元データの多変量解析
- 8 多種多様なサンプル分析と測定・解析ノウハウの蓄積

## 2. 研究開発の成果 分析技術

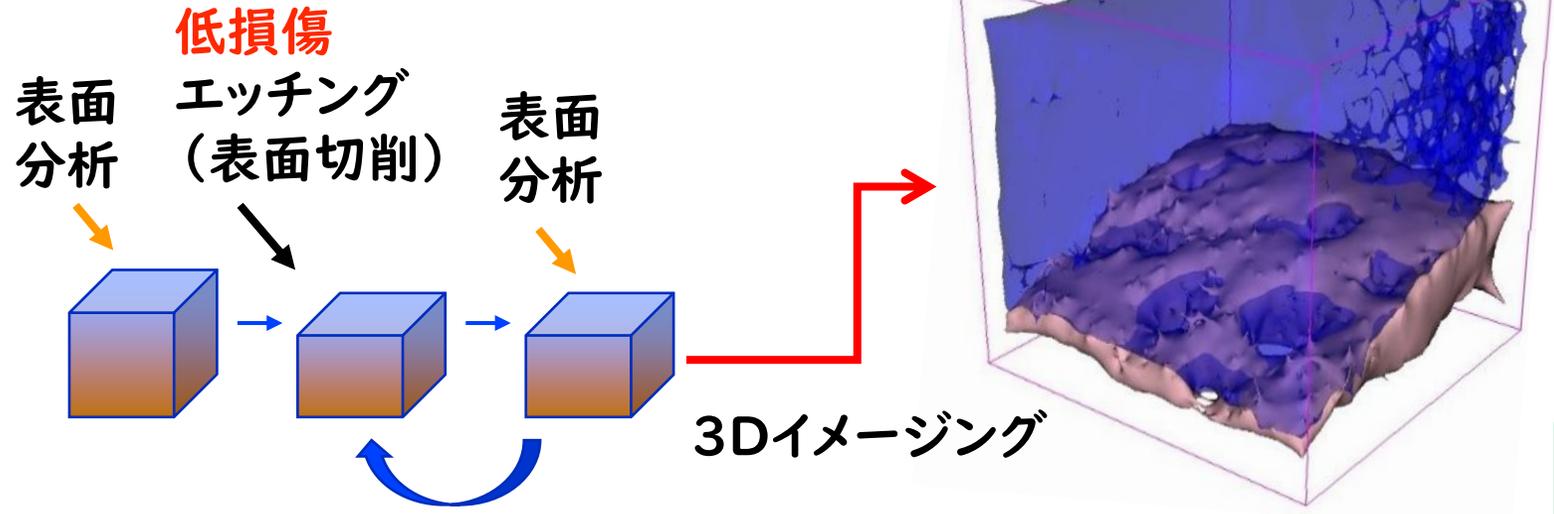
### 4 室温3次元測定



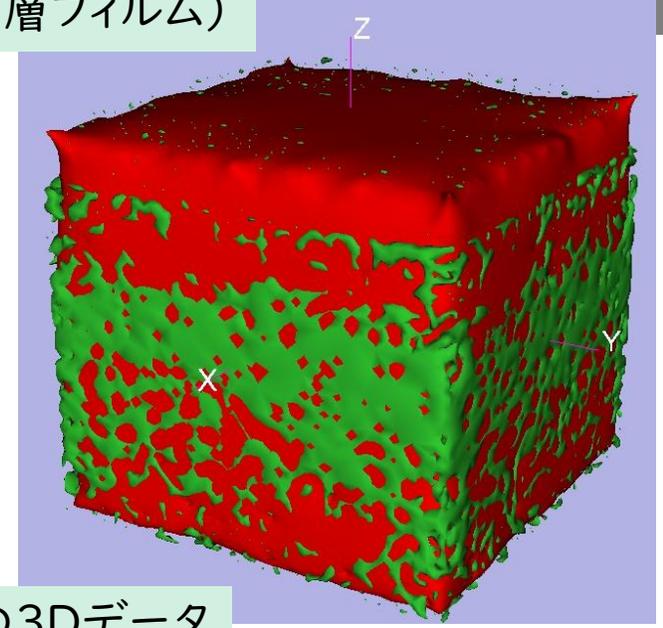
# 2. 研究開発の成果

## 分析技術

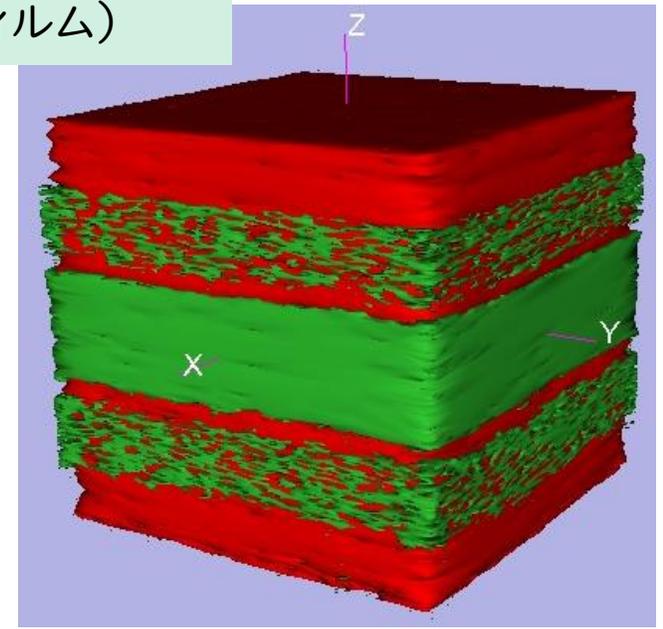
### 4 室温3次元測定



従来の3Dデータ  
(10 $\mu$ m、7層フィルム)



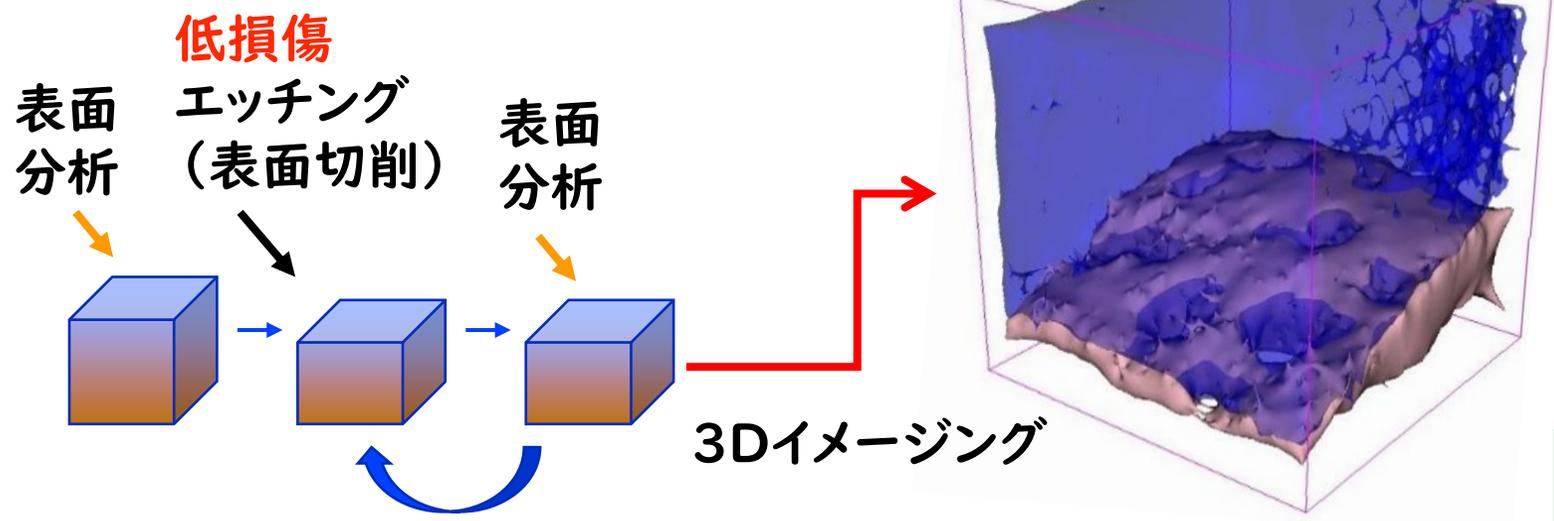
低損傷での3Dデータ  
(同フィルム)



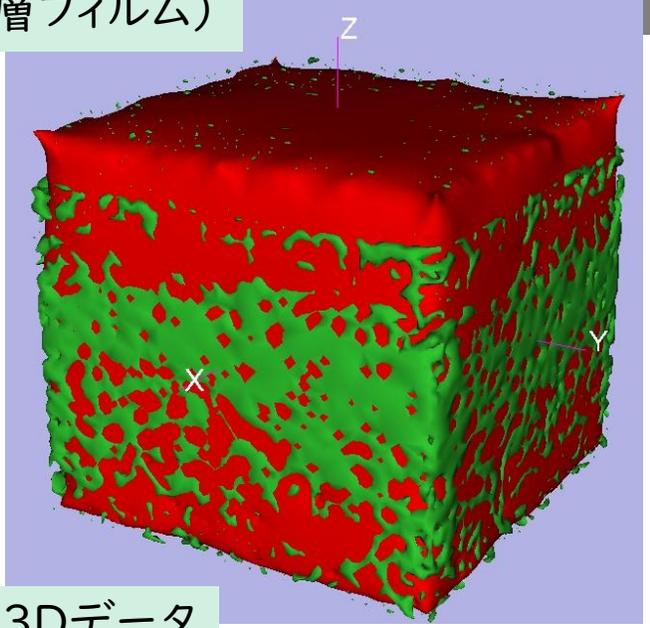
# 2. 研究開発の成果

## 分析技術

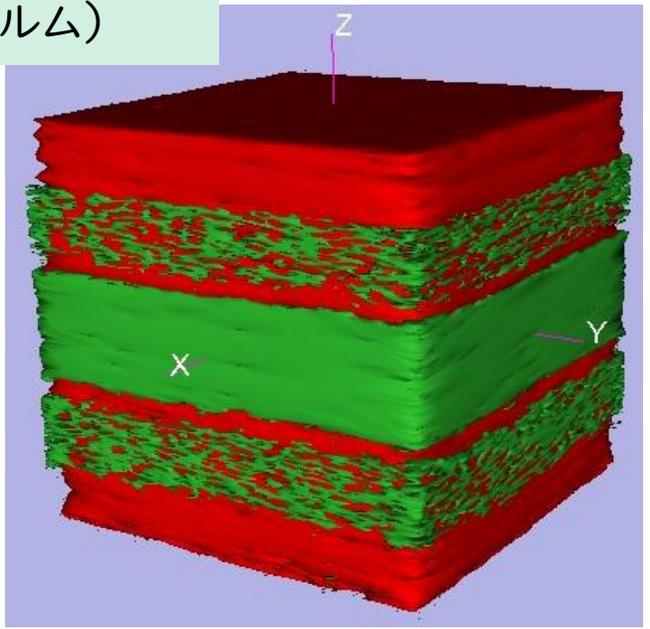
### 4 室温3次元測定



従来の3Dデータ  
(10 $\mu$ m、7層フィルム)



低損傷での3Dデータ  
(同フィルム)



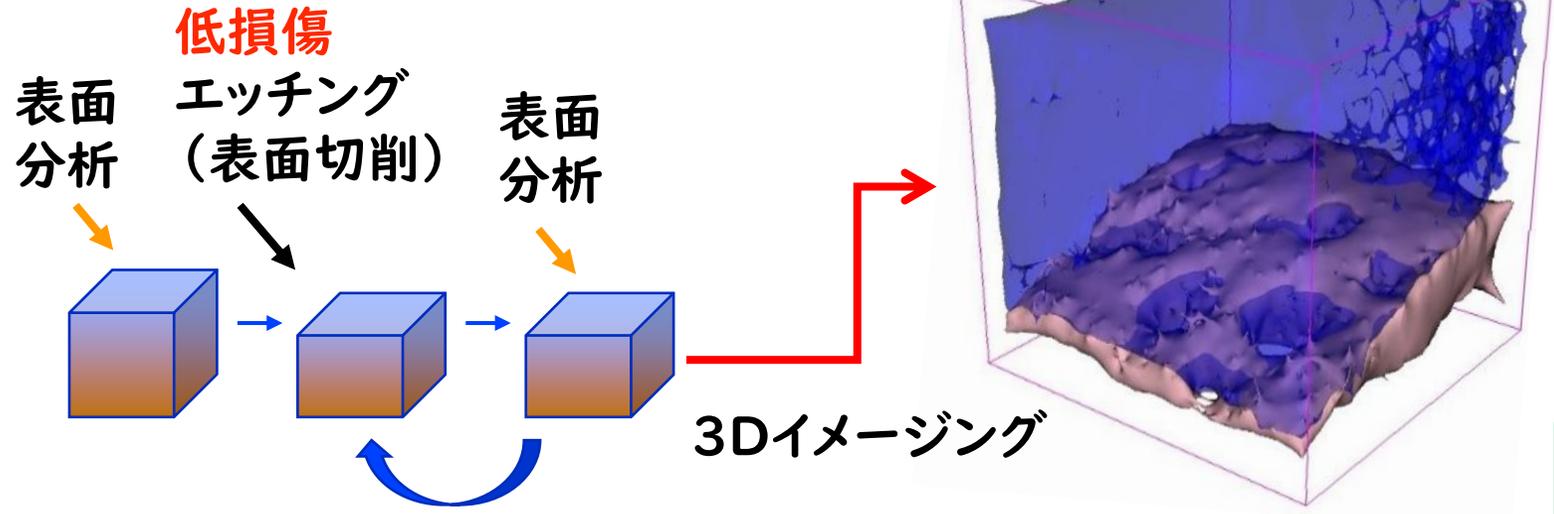
### 6 低温3次元測定

- 油脂などの低融点物
- 塗料などの含水物
- 動物・植物の細胞・組織
- 食品
- 界面活性剤、懸濁液などの水溶液

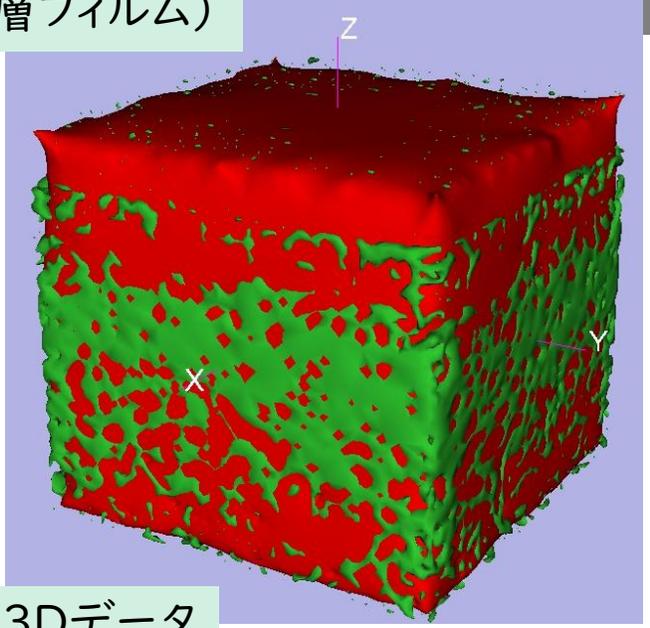
# 2. 研究開発の成果

## 分析技術

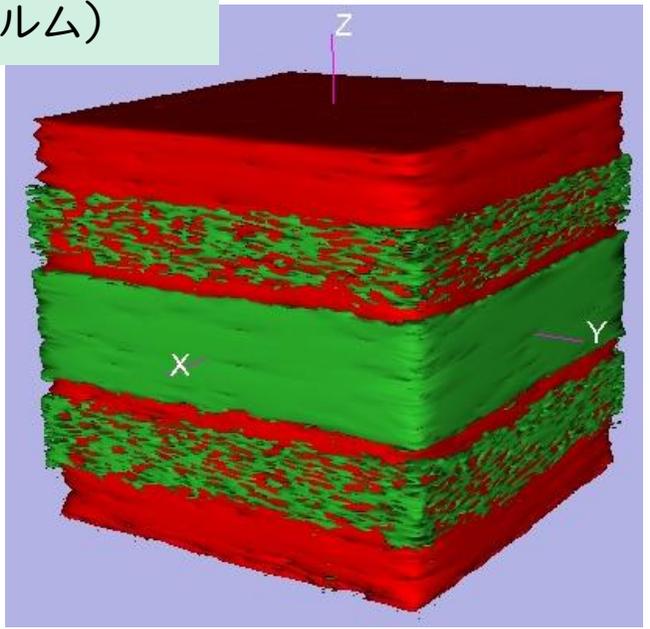
### 4 室温3次元測定



従来の3Dデータ (10 $\mu$ m, 7層フィルム)



低損傷での3Dデータ (同フィルム)



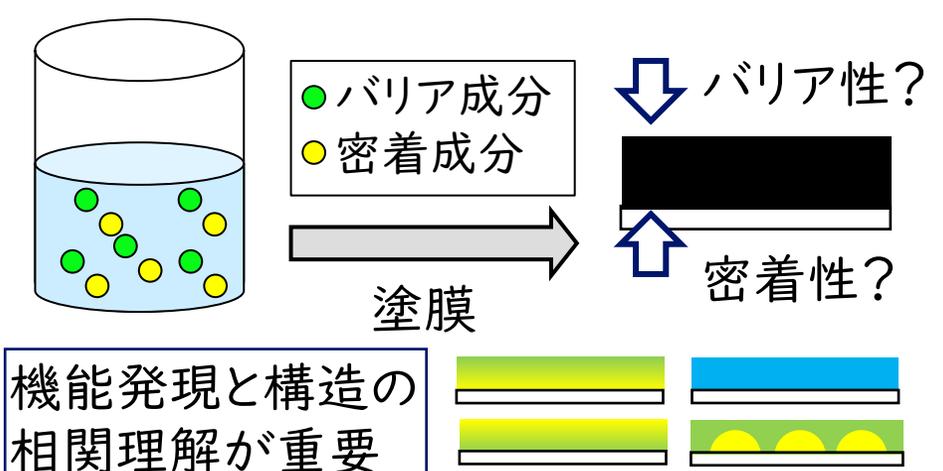
### 6 低温3次元測定

- 油脂などの低融点物
- 塗料などの含水物
- 動物・植物の細胞・組織
- 食品
- 界面活性剤、懸濁液などの水溶液

○ 空間分解能

- 平面 200 nm
- 深さ 10~30 nm (試料依存)

# 2. 研究開発の成果 塗膜



機能発現と構造の  
相関理解が重要

【従来技術】

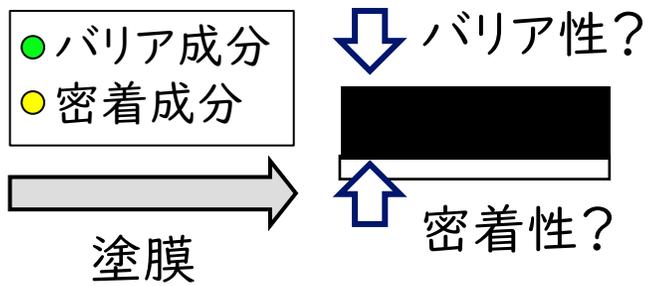
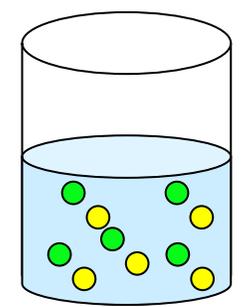
製造方法とコーティング性能の  
相関関係の議論が困難

<課題>

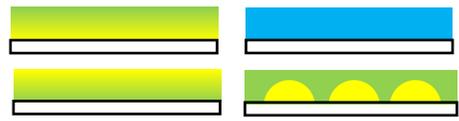
分子の混和/配向状態の解析は困難  
薄膜内部での有機物識別・可視化は困難

機能性コーティング乳剤の開発：  
複数成分から形成される薄膜表層/内部の  
構造解析と化学成分の分布可視化

# 2. 研究開発の成果 塗膜



機能発現と構造の  
相関理解が重要



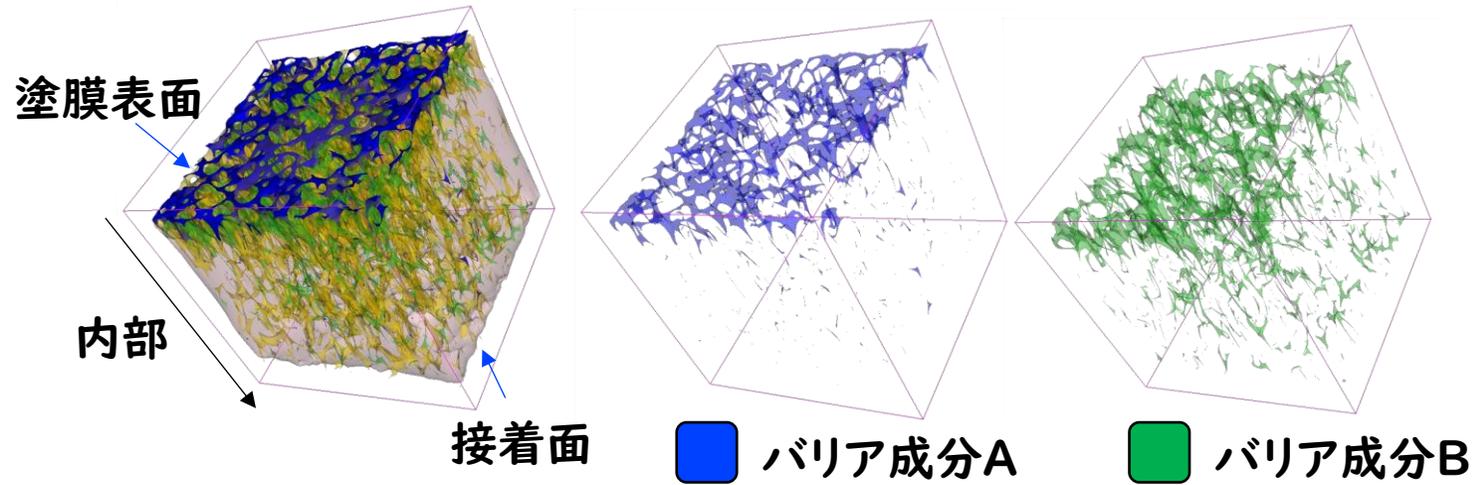
【従来技術】

製造方法とコーティング性能の  
相関関係の議論が困難

<課題>

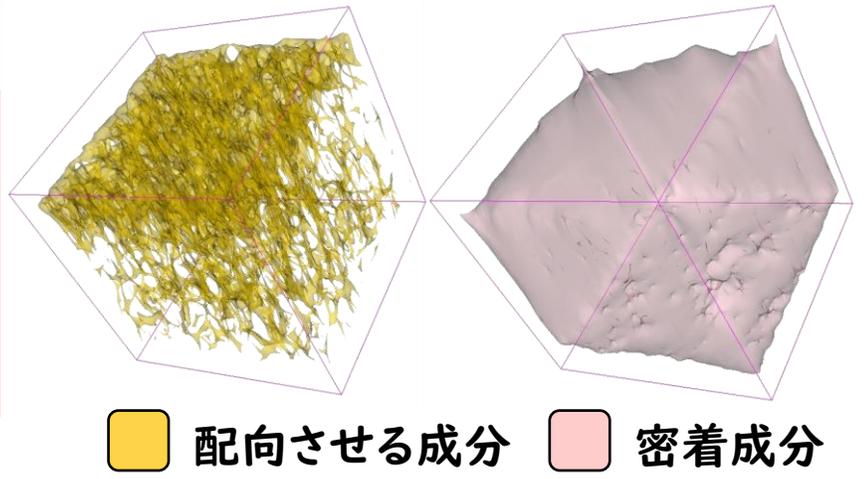
分子の混和/配向状態の解析は困難  
薄膜内部での有機物識別・可視化は困難

機能性コーティング乳剤の開発：  
複数成分から形成される薄膜表層/内部の  
構造解析と化学成分の分布可視化



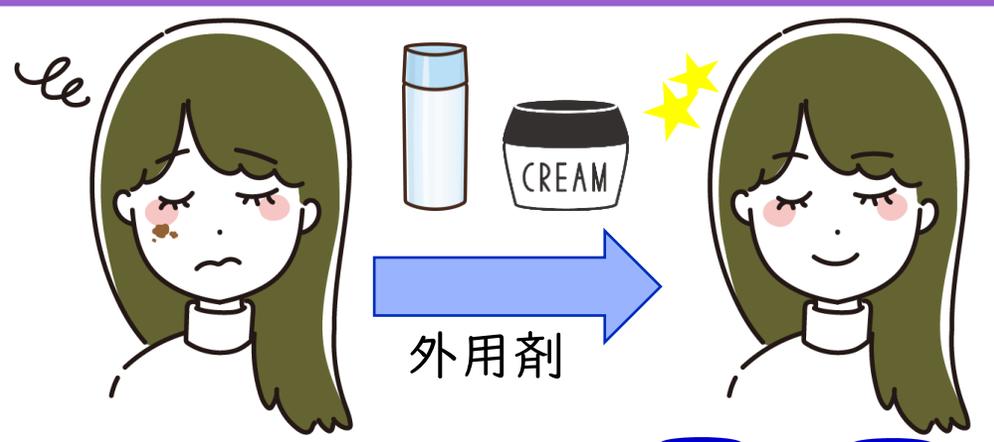
塗膜成分の3次元可視化

最表面から基盤に  
至る各種成分の  
立体分布を  
nm可視化

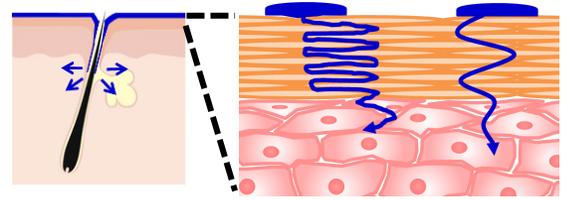


どういふものを、どう混ぜて、どう作ったら  
→ どういふ構造になって → どういふ性能になったのか  
→ 製品の分子デザインを、より効率的に最適化

# 2. 研究開発の成果 外用剤



配合成分の  
皮膚浸透性の  
確認が重要



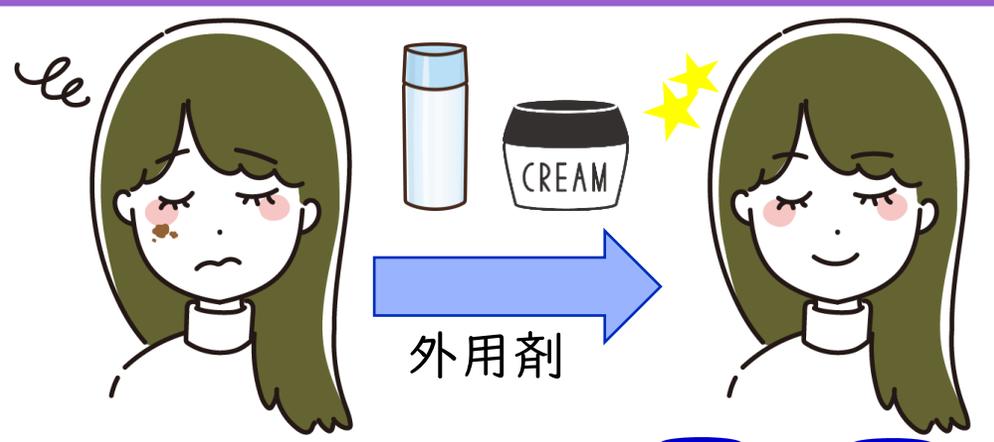
それぞれどの経路で?  
どこまで?どのぐらい?

**<課題>**

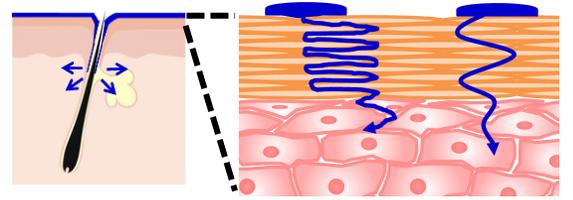
皮膚内部での定量的な分布は不明  
可視化できる成分は限定的(修飾・染色)

化学浸透剤への応用:  
皮膚に浸透した化粧品成分の可視化

# 2. 研究開発の成果 外用剤



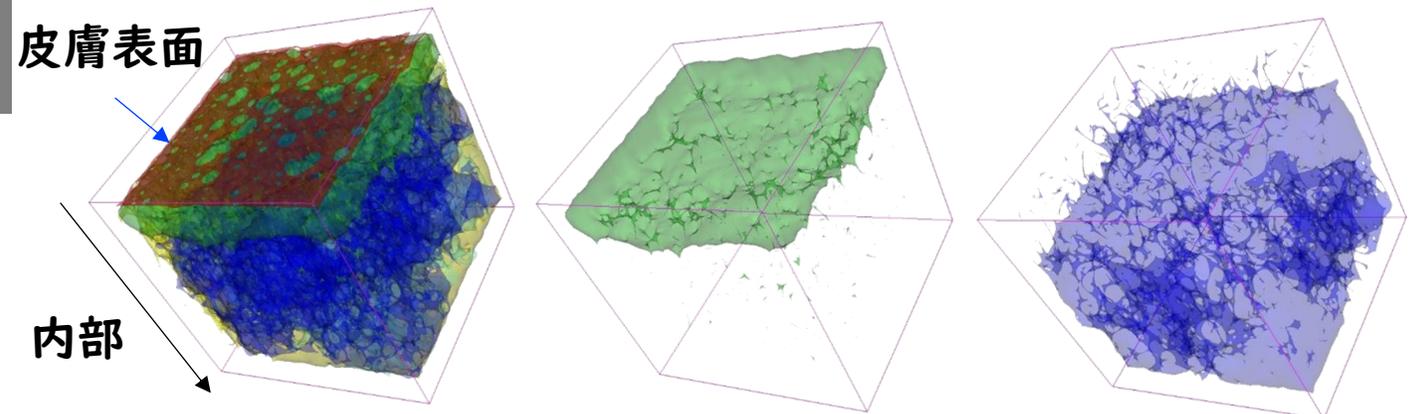
配合成分の  
皮膚浸透性の  
確認が重要



それぞれの経路で?  
どこまで?どのくらい?

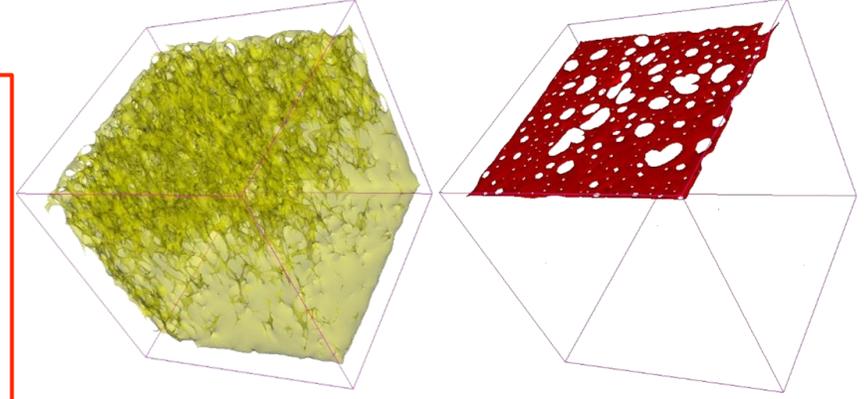
**<課題>**  
皮膚内部での定量的な分布は不明  
可視化できる成分は限定的(修飾・染色)

化学浸透剤への応用:  
皮膚に浸透した化粧品成分の可視化



皮膚および外用剤成分の  
3次元可視化

■ ビタミンC  
(外用剤成分)      ■ リン酸  
(生細胞)



■ 水分      ■ 脂肪酸

**皮膚の表面から  
内部に向けての  
外用剤の浸透経路  
(立体分布)を  
nm可視化**

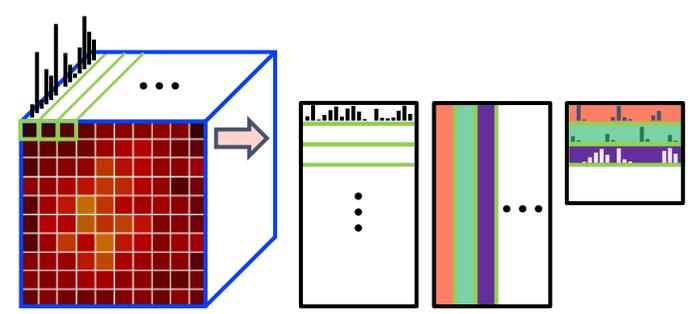
- ・生体内における薬品の輸送・拡散挙動
- ・有効成分の生体内分布と薬理効果の相関

➡ 製品設計ならびに有効性・安全性評価技術へ

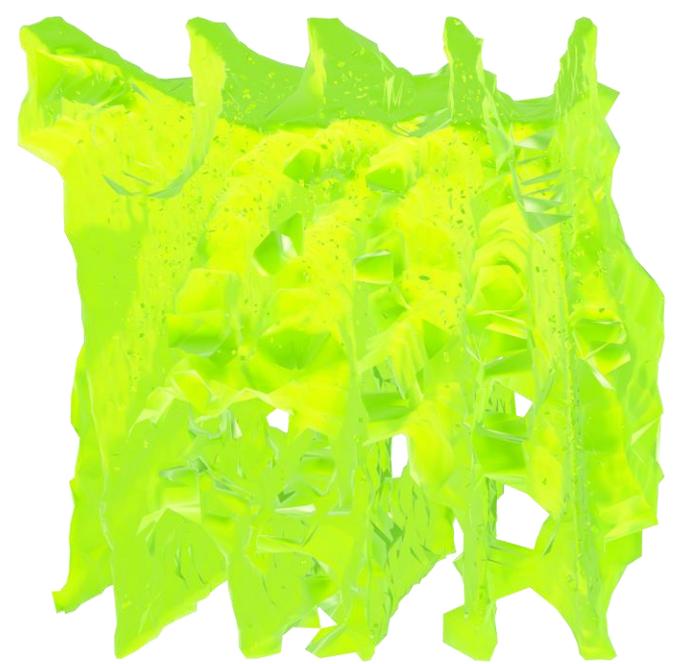
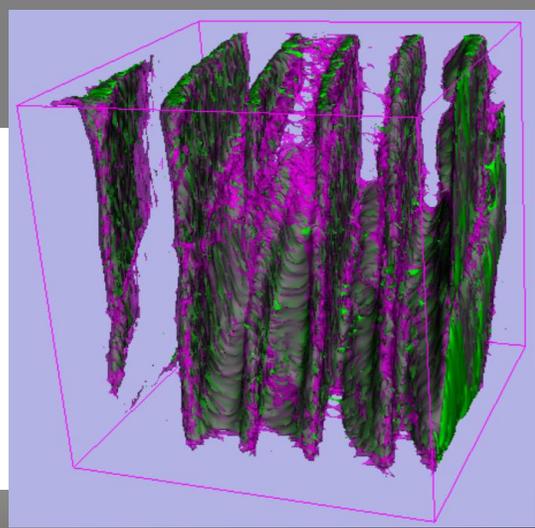
# 2. 研究開発の成果 解析

オープンソースプログラムを利用した  
3Dデータの詳細な解析や  
3Dプリンタへの出力も可能

多成分の  
相関解析



氷漬けの植物細胞壁の  
立体可視化と  
成分の塗り分け・3D出力



# 3. 研究実績

## ○特許出願

1件出願(+1件検討中)

## ○外部発表

プレスリリース3件

学会発表3件

シンポジウム3件

若手フォーラム2件

リグニン討論会・招待講演、木材学会 中部支部大会、木材学会 年次大会

日本木材保存協会・招待講演、木材の化学加工研究会・招待講演

日本接着学会中部支部・招待講演、質量分析学会 中部談話会

## ○情報発信

展示会出展3件    メッセナゴヤ2022/2024、あいちものづくりエキスポ2023

## ○会議の開催件数

研究開発会議(6回) (随時メール/Slackでデータ/解析手法を共有し、協議)

# 4. 事業化の見通し

解析に必要な測定条件・調整手法の検討を進め、

塗膜、皮膚をはじめとしたさまざまな試料の3次元解析が可能となった。

## ・既成品や既存の技術レベルに対する本研究成果の優位性、国際競争力

低損傷スパッタイオン銃 (GCIB) およびクライオシステム (Cryo) を共に備えた Cryo-GCIB-TOF-SIMS分析はまだ一般的ではなく、同技術を用いた解析には優位性がある。

## ・プロジェクト終了後のビジネスプランへのつながり

本技術を利用した製品開発をすることにより、独自性の高い塗膜／外用製剤の開発につながる。

## ・事業化につながる体制づくりの状況

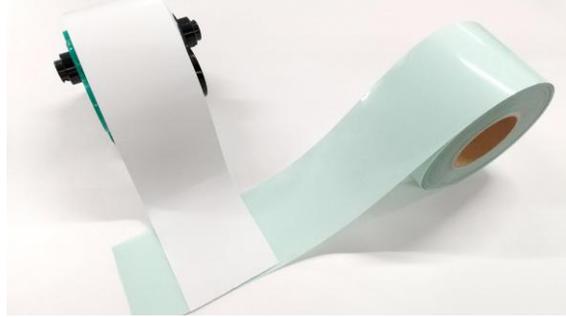
技術の一般化に向けて、課題抽出や分析条件の選定を進めている。



知の拠点あいち

# 4. 事業化の見通し

## 機能性コーティング



コスト、性能面の課題からコーティング剤の高機能、薄膜化は年々進んでいる。また、環境対応、SDGs取り組みとプラスチック代替のニーズが増えており、**紙基材に対するコーティング需要/要求**が高くなってきている。

本技術を用いた機能性コーティング剤の提供をすることで、製品機能の向上とラミネートと比較したコスト低下が期待されるため、コーティング剤の市場性および市場競争力は高まると予想される。

特に近年では、環境対応製品にもコスト競争力は求められ始めており、事業化に向けた課題にもなると考えられる。

### ・市場性（ユーザー視点）

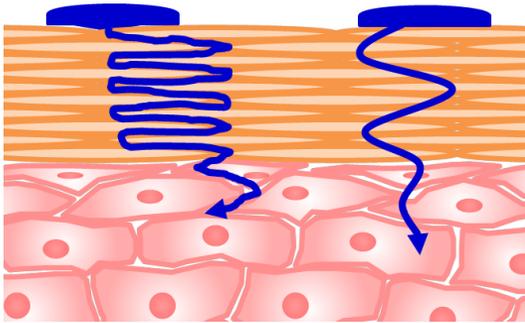
製造工程と薄膜内成分分布の因果関係をダイレクトに可視化・理解し、需要に応じた特性制御が可能になる。

### ・今後の課題

実際の構造解析結果と発現物性を関連付け、製造時に目標となる「構造」を具体化することで、製品開発速度を加速する。

# 4. 事業化の見通し

## 外用剤の皮膚浸透性評価技術



医薬品や化粧品などの皮膚に外用する製剤の開発において、本技術利用により皮膚内成分分布や分子情報など新しい情報が入手できる。化粧品業界においては、SNSなどの情報伝達の多角化、購買意識の変化から、新技術や新サービス、安全性などの開発姿勢を示す企業が増えている。したがって、**製品の有効性、安全性に直結する本技術開発の必要性**が重視されると予想され、更なる技術開発の進行が求められる。また、皮膚以外の生体組織においても技術応用が期待される。

### ・市場性（ユーザー視点）

外用剤成分の皮膚浸透挙動を視覚的に捉えることにより、ユーザーが安心して使用できる。

### ・今後の課題

技術応用した商品の市場投入を目指すとともに、積極的な技術発表やリリースを行い、技術の一般化を進める。

# 5. 県産業への貢献度、人材育成等

## ○本県産業への波及の見通し

### 機能性コーティング

- ・機能性コーティングは様々な材料の表面特性を制御するものであり、対応できる特性制御範囲=利用範囲が広がれば、波及効果は大きい。

【自動車内/外装用塗料、  
ディスプレイ(ナビ、メーターパネル等)用コーティング剤など

### 外用剤の皮膚浸透性評価技術

- ・外用剤の皮膚浸透挙動の視覚化は一般的に困難であり、分析技術が一般化されれば多くのメーカーが利用すると考えられる。

## ○人材育成への取組状況

- ・産官学連携の取り組みとなり、若手研究者を中心に積極的な技術導入、人脈形成を進めた。
- ・課題解決に向けたフットワーク軽量化のため、担当者ベースでの具体的なメール議論を高頻度化し、Slack/Teams/Zoomの利用を重視した。



知の拠点あいち  
様々な分野での  
活用を期待します