

## 2. プロジェクトの概要

### －ナノ物質・材料研究のための高度ナノ計測基盤技術の開発－

ナノ計測センター 藤田 大介

ナノ計測センターの重要なミッションは第2期中期計画において掲げられている“ナノ物質・材料研究のための高度ナノ計測基盤技術の開発”プロジェクトを推進することである。NIMSにおいて開発されてきた高度ナノ計測解析に関するコア技術を結集し、さらに高度化することにより、トップレベルのナノ物質材料解析技術を確立すること、ならびにこのような高度ナノ計測技術を積極的に応用し、革新的な物質材料研究の推進に貢献することを目的としている。ここではナノ計測センターの実施するプロジェクトの概要について紹介する。ナノ物質・材料研究の効率的推進にはナノレベルの解析が重要な役割を果たしており、構造、物性、機能のナノ計測はキーテクノロジーとして一層の高度化が望まれている。このような高度ナノ計測技術では、創製環境や機能発現環境を計測空間に与えながら多元的な物性情報を高分解能で計測する技術が重要である。また、新規ナノ物質の構造理解には、原子の空間的配置や配位構造の精密解析が重要な役割を果たす。本プロジェクトでは、図1に示すように、表面から固体内部に至るまでの原子分解能ナノ解析技術、非晶質から単結晶に至る多様な物質材料に対応可能な原子配置解析法、機能発現や材料創製に関わる極限環境場における計測技術、フェムト秒レベルの遷移過程の解析を可能にする超高速時間分解計測技術、などのナノマテリアルの研究開発にとって必要とされる最高水準の先端計測技術の開発を目指している。

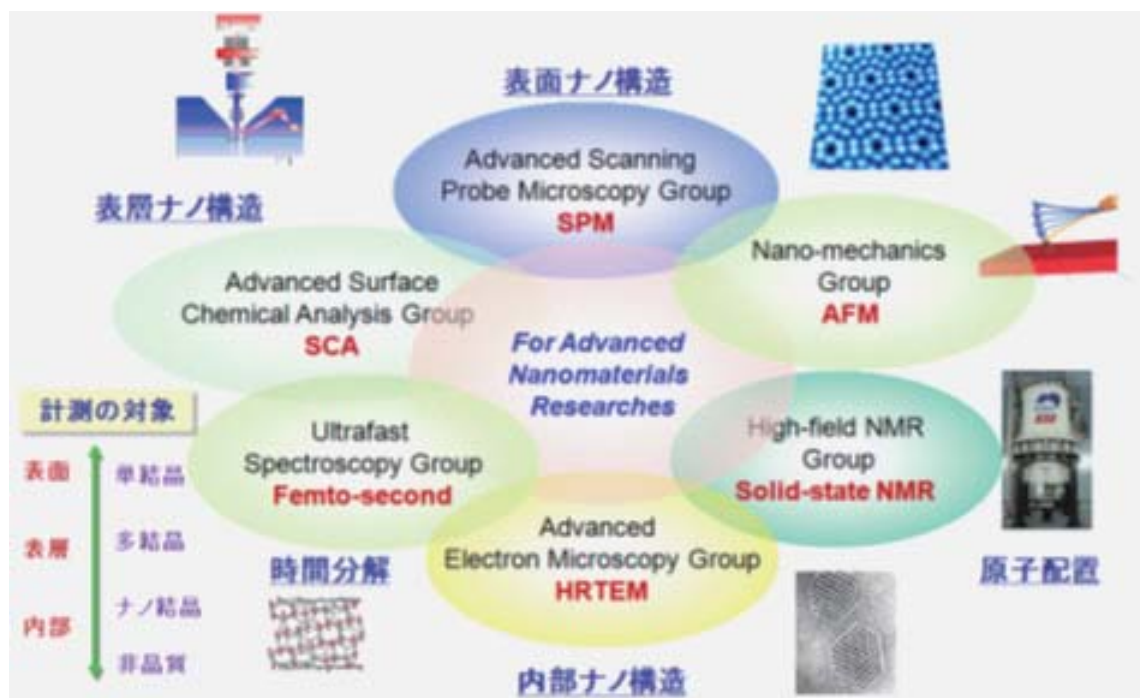


図1. 表面・表層・固体内部にいたるトップレベル高度ナノ計測基盤技術の開発。

ナノ物質・材料研究とは、新規なナノ物質を創製し、極微構造に起因する機能を探索することにより、有用な機能を有する材料を開発することである。本プロジェクトではナノ物質・材料研究にとって必要不可欠な情報であり、かつ高度なレベルに達している計測技術（走査型プローブ顕微鏡（SPM）、透過電子顕微鏡（TEM）、表面化学分析、フェムト秒レーザー分光、核磁気共鳴分光（NMR）、超高分解能原子間力顕微鏡（AFM））をサブテーマとして設定する。固有の計測技術の連携により包括的なナノ物質・材料解析技術の確立を目指すものである。

プロジェクトの研究実施体制ならびに推進体制の概要を図2に示す。プロジェクトのサブテーマを担当する6つの研究グループをセンターに設置し、研究代表者はプロジェクトの総合的運営を担当する。研究推進体制として、研究方針や年度計画などの効率的運営に的確な助言を得るために、“アドバイザリーボード”を設置する。物質・材料の計測技術に関する有識者として平成21年度に委嘱されたアドバイザーの方々は以下の通りである。

幾原雄一	教授	東京大学大学院工学系研究科総合研究機構
二瓶好正	教授	東京理科大学 総合研究機構
松本吉泰	教授	京都大学大学院理学研究科化学専攻
森博太郎	教授	大阪大学超高压電子顕微鏡センター
森田清三	教授	大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻

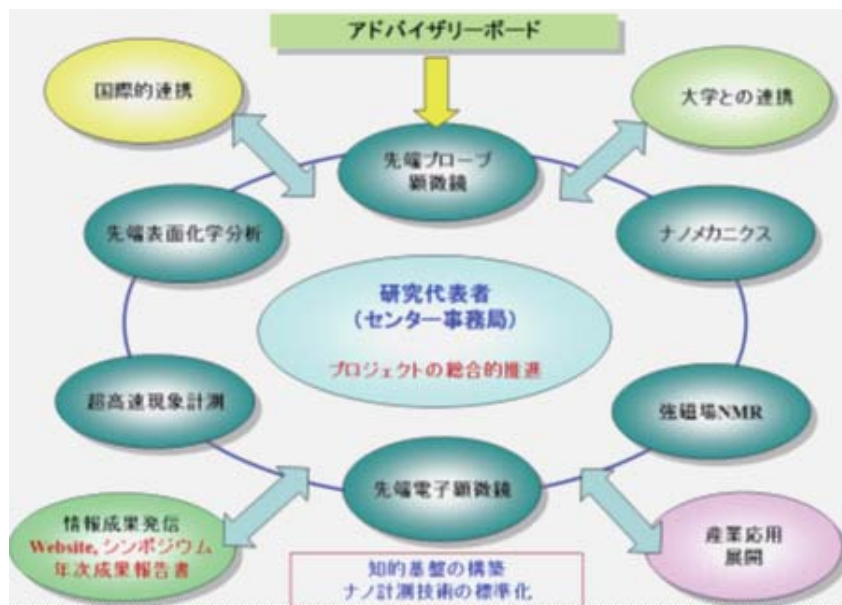


図2. プロジェクト研究実施体制ならびに研究推進体制の概要。

本プロジェクトでは以下の研究サブテーマを行う。

### ①【表面多機能ナノプローブ法の開発とナノ物質・材料への応用】

多様な環境場においてナノ構造体の創製メカニズムやナノ機能を高分解能で解析できる表面多機能ナノプローブ（SPM）法を開発する。原子構造、電子状態、フォトン、スピンなどの多元的な表面ナノ計測技術や探針操作による原子レベルの表面ナノ創製加工技術を開発する。先端的なナノマテリアルへ適用するとともに、標準化と知的基盤の構築を行う。先端ブ

ローブ顕微鏡グループが担当する。

## ②【広域表層 3次元ナノ解析技術の開発】

ナノ物質・材料研究で重要な表層領域を実用的な分解能・測定時間で3次元分析できるシステムを開発する。電子の固体内輸送現象を記述する各種物理パラメータの精密化を図ると共に、これを基礎とした3次元シミュレーション法および実用計測法の構築と要素技術の開発研究を行う。先端表面化学分析グループが担当する。

## ③ 超高速現象計測技術の開発とナノ物質・材料への応用

電子の集団運動及びこれと相互作用する格子の運動状態の実時間観測を主たる対象に、ナノ物質・材料系における超高速量子現象を計測するための基盤技術を確立する。サブ 10fs の超短パルスレーザーを光源とした時間分解ポンププローブ分光測定装置を構築し、半導体、炭素系材料（ダイヤモンド、グラファイト等）及び金属ナノ構造体等の超高速光応答を解析・評価する。超高速現象計測グループが担当する。

## ④ 電子顕微鏡法の高度化と先端物質科学・材料工学への適用

高分解能化と高識別能化の両面から TEM 技術を飛躍的に発展させ、次世代ナノ評価技術として完成させるとともに先端物質・材料研究に適用する。高分解能化では電子線単色化技術や収差補正技術等、高識別能化では電子状態解析やナノ磁気構造解析技術等の要素技術開発を行なう。先端電子顕微鏡グループが担当する。

## ⑤ 強磁場固体NMRの開発とナノ物質・材料研究への応用

NMR の強磁場化(四極子核の分解能向上する唯一の方法)、核スピン超偏極技術の高度化(感度向上)、NMR 分光計技術の高度化(高耐圧・高速回転・高周波対応・超小型化・超低雑音化)等の機器開発を行う。無機物等の材料分析に応用し、機能向上を目指した新規材料の効率的設計に資する。強磁場 NMR グループが担当する。

## ⑥超高分解能原子間力顕微鏡の開発と分子内化学識別ならびにセリア表面化学への応用

高感度・高分解能計測のための超低振幅のダイナミックモード原子間力顕微鏡の装置開発を行うとともに、セリア表面における触媒作用の解明などの材料科学的応用を行う。平成 20 年 2 月に設置されたナノメカニクスグループが担当する。

上記の各サブテーマを担当するグループならびにグループリーダーは以下の通りである。

- ①先端プローブ顕微鏡グループ 藤田大介 GL (センター長併任)
- ②先端表面化学分析グループ 田沼繁夫 GL (共用基盤部門長併任)
- ③超高速現象計測グループ 藤田大介 GL (センター長併任)
- ④先端電子顕微鏡グループ 松井良夫 GL (超高压電子顕微鏡ステーション長併任)
- ⑤強磁場 NMR グループ 清水 禎 GL
- ⑥ナノメカニクスグループ オスカル・クスタンセ GL

運営に当たっては、サブテーマ間における連携と協力を十分に行うことにより研究効率の向上を図りつつ、国内外機関との共同研究も積極的に推進することにより、物質材料研究全



体の着実な前進に資することを目指す。本プロジェクトの研究開発ロードマップを図3に示す。サブテーマ毎の達成目標は以下の通りである。

- ・ トップレベルの極限環境におけるプローブ顕微鏡計測技術を実現する。
- ・ 材料表面を実用的な分解能・測定時間で3次元解析を行えるシステム開発を達成する。
- ・ ナノ構造の振動やキャリアの運動の時間領域検出に十分な時間分解能（10fs）と検出感度を達成する。
- ・ 高分解能と同時に、各種先端物質・材料の特性に応じて必要な情報を識別計測しうる「高識別能型・高分解能電子顕微鏡」技術を開発する。
- ・ 非晶質材料のナノレベル分析等の従来 NMR 技術では困難だった分野が強磁場固体 NMR 技術によって開拓できることを実証する。
- ・ 超高分解能原子間力顕微鏡の装置開発を行い、触媒作用などの材料科学的応用を行う。

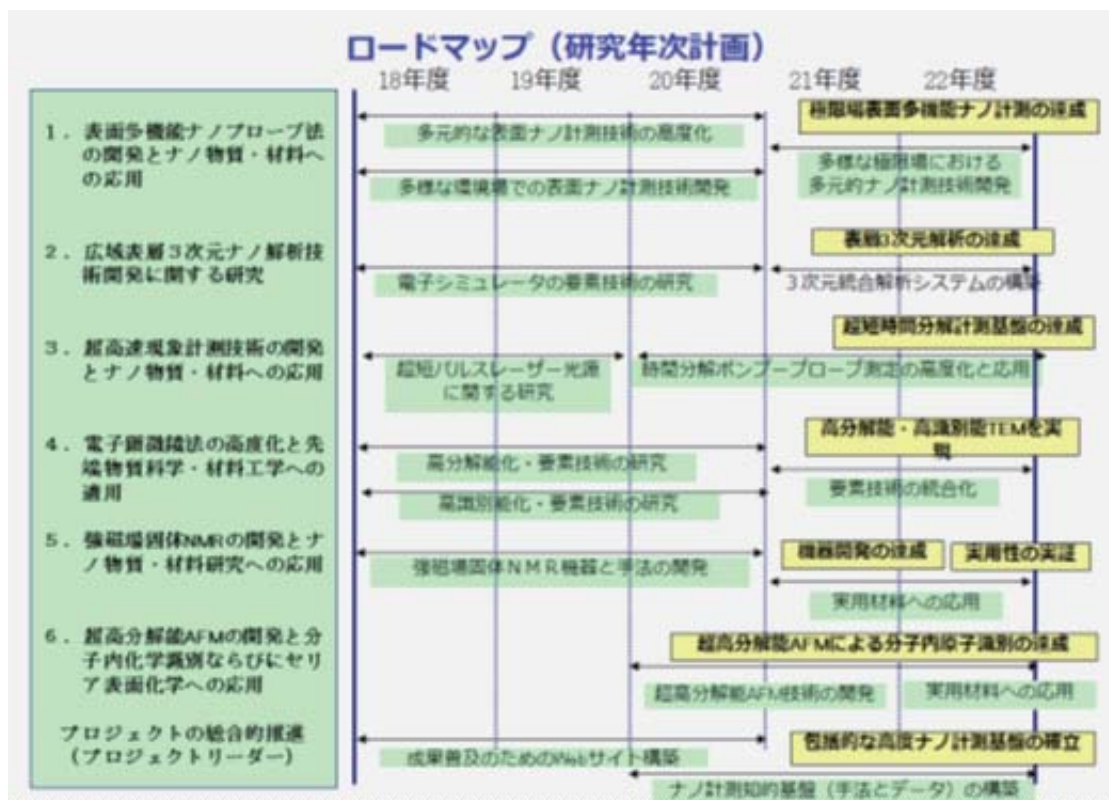


図3. ナノ物質・材料研究のための高度ナノ計測基盤技術の開発ロードマップ。