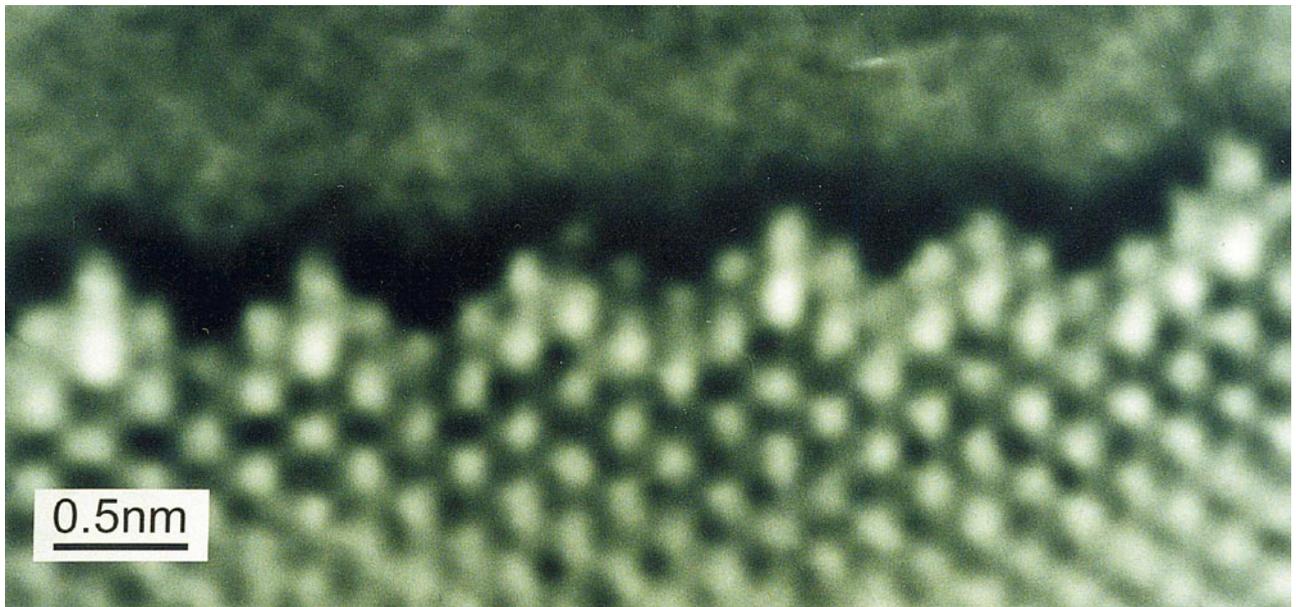


Development of Next Generation Super Electron Microscope 次世代超電子顕微鏡の開発



プロジェクトリーダー 志水隆一
大阪大学 名誉教授



(金の表面を形成している原子の配列 - 能動型結像変調方式により初めて観察が可能になった)

1. 研究の目的

電子顕微鏡観察には球面収差が必ず付随するために、高分解能での像観察が困難であり、誤った像解釈をしていることが珍しくありません。この球面収差を完全に除去する新しい方法が1985年に生田孝教授によって発明されました。それが能動型結像変調とよばれる方法です。この能動型結像変調方式を組み込むことにより球面収差を除去して、試料のありのままの姿を超高分解能で観察できる電子顕微鏡（それを次世代超電子顕微鏡と名づけました）を開発しようというのがこの研究プロジェクトの目的です。この超電子顕微鏡が完成されますと、今までの電子顕微鏡と同様に実時間で観察できます。そして、その観察像は球面収差の影響の全くない正しい像が原子レベルで観察できるようになります。

たとえば、表面を形成している原子がどのように並んでいるのか、原子一つ一つをはっきりと観察することが出来るようになりますし、染色してからでないと観察できない生体試料なども無染色のままできいな像を見ることが出来るようになるのです。

このプロジェクトによってさまざまな材料や生体がどのように構成されるかが原子レベルで解明されることになるでしょう。

2. 研究の内容

実時間処理の能動型結像変調を行うためには、電子顕微鏡の結像光学系の特性を正確に写し取った変調信号を高電圧加速電源（200kV）に重畳させねばなりません。そのうえ、次々に変わっていく加速電圧の下で得られる電子顕微鏡写真を一枚、一枚重ね合わせて最終的に1枚の電子顕微鏡写真が得られることとなります。この最後の1枚の写真が、無収差電子顕微鏡超解像写真なのです。このような新しい電子顕微鏡のシステムを作り上げるために次のような研究が進められています。

(1) 能動型加速電圧変調システム

実時間で観察するためには、10マイクロ秒ごとに正確に高圧加速電圧を変調しなければなりません。このために、高速高精度変調電源のうえに高電圧電源を積み重ねる浮遊型高電圧電源を用いる方法で研究を進めています。これは、特許として申請しています。

(2) 演算機能を持つCCDカメラ

高電圧の加速電圧が変調される毎に像を撮り、交互に足し算と引き算を数十回することで無収差像が得られます。これも実時間で像観察をするために数十マイクロ秒以内で画像の演算をする必要があります。このため、画素毎に高速演算を行える新しいCCD撮像素子を制作中です。これも特許として申請しています。

(3) 金の超微粒子表面の触媒機能発現

金は極めて化学的に安定な物質として知られていますが、粒子径が5nm以下の超微粒子になり酸化チタンの上に担持されると、低温でも高い活性を有する触媒となることが発見されています。このような金の表面物性の著しいサイズ依存性、及び酸化チタンとの接合界面の化学反応性を解明するために、金超微粒子の最表面及び接合界面における精密な原子構造解析を行い、触媒機能発現のメカニズムを探る研究を行っています。

(4) 生体試料の無染色直接観察

生体試料の高分解能電子顕微鏡観察は、試料が電子線の照射に極めて弱く、またわずかなコントラストでしか観察できないため、非常に難しい技術です。現状では染色を行った試料に対して適当な焦点はずれを与えコントラストを得た上で写真撮影が行われますが、次世代超電子顕微鏡では無染色状態のありのままの生物組織をピントをずらすことなく無収差で高分解能観察ができます。しかも実時間で収差補正が行われるため、試料に与える電子線損傷効果を最小限にとどめることができます。現在、細胞の鞭毛組織の解析やウイルスの微細組織の観察を行っています。

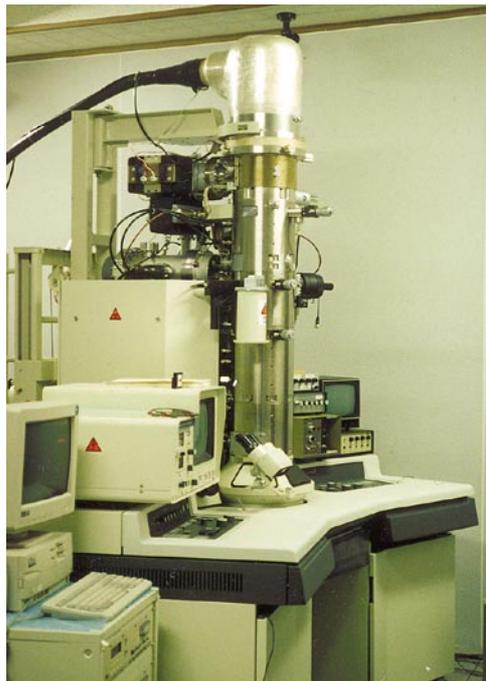
3. 研究の体制

期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、研究協力者8名（内日本学術振興会研究員1名）、その他下記の研究室に属する大学院学生が多数この研究に参加しています。

実施場所：この研究の主拠点は大阪大学ですが、他大学との協力方式でプロジェクトを進めています。大阪大学大学院工学研究科志水研究室、早稲田大学理工学部大島研究室、名古屋大学総合理工学研究所日比野研究室、大阪電気通信大学工学部生田研究室が緊密な連絡をとりあってプロジェクトを進めています。

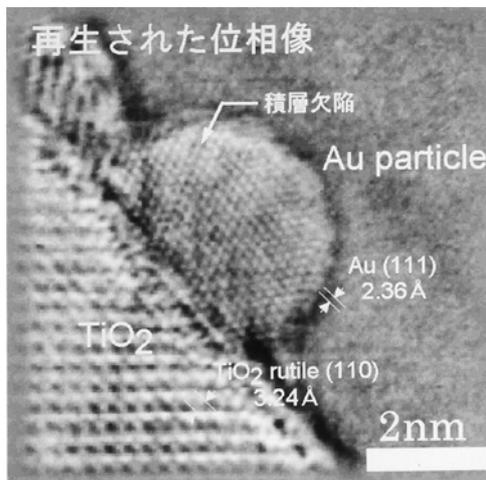
また、海外から Professor R.H.Ritchie (Oak Ridge National Laboratory)、Professor T.N.Rhodin (Cornell University)、Professor H.J.Kang (Chungbuk National University)、Professor H.Rose (Darmstadt Technical University) などのこの分野のエキスパートを1ヶ月招へいして、本プロジェクトの推進に協力してもらっています。



次世代超電子顕微鏡



能動型画像処理システム



収差補正された位相像。新触媒として期待される酸化チタン（TiO₂）上の金超微粒子。