

## 論文の内容の要旨

論文題目 電子顕微鏡における情報伝達についての逆問題的観点からの研究

氏名 杉谷 正三

顕微鏡の第一の目的は目で見えない物を見えるようにすることである。しかし、透過型電子顕微鏡 (TEM) における情報伝達の理論が示すように測定結果の画像には歪みがあるために、目的の試料の構造を再構築するのは困難である。

顕微鏡法一般について、像の持つ情報量はレンズ等の顕微鏡の技術的な問題だけではなく、どのような測定方法を用いたかに強く依存している。TEM における位相差像や複素観測法の登場によって、TEM においてもどの測定方法を用いるかという選択が必要となりつつある。

定量的な測定方法の選択の基準を求めるために、我々は測定結果の画像にどれだけの情報が伝わっているかという問題を検討した。しかし、そこで測定方法を定量的に評価する基準が無いという問題に直面した。得られた画像の質を表わすために広く用いられている S/N 比や分解能では測定方法を評価するには不十分であったのである。個々のデータの質の評価だけではなく測定法の違いまで表わすことが可能な指標が必要であった。

そこで試料を通過した位置での電子の波動関数を決定する問題として、明視野像、位相差像、複素観測法といった TEM における観測法について逆問題的観点から定式化を行なった。

これまで用いられてきた TEM における結像のモデルから導かれたのは,

$$d = Gm$$

という線型の逆問題であった。ここでベクトル  $d$  は周波数空間での画像データを表わし、 $G$  は測定方法によって決まる変換行列、ベクトル  $m$  は求めようとしている電子の波動関数を表わすモデルパラメータである。

この結果から、線型逆問題の理論に従って各測定法を定量的に比較するための指標として、各観測法によって得られる画像の情報の質を表わす情報の信頼性 (*ITR:Information Transfer Reliability*) と情報の量を表わす *Info* を定義した。

そしてこれらが測定法の選択の基準として使えることを示すために、high potential iron sulfur protein を試料として、シミュレーションによって情報伝達に関するこの2つの指標を計算した。その結果得られた値に基づいて我々は最適な測定法の用い方を説明することができた。

明視野像、位相差像、デフォーカスシリーズ、複素観測法の4つの測定方法について検討した結果、対象とする試料が弱い散乱物体の場合は、目的とする分解能が低ければ位相差像の撮影が最も良い結果が得られるという結論に達した。染色などの処理を行っていない生物試料の多くがこの条件にあてはまる。

また位相差像では分解能が不十分である場合には複素観測法とデフォーカスシリーズを用いることになるが、従来用いられてきたデフォーカスシリーズは新しく登場した複素観測法に比べ得られる情報の定量性に欠けるという点を定量的に示すことができた。

さらに、吸収ポテンシャルの効果をモデルパラメータに含めた解析を行なおうとする場合には複素観測法が必須となることも示された。