

## ホローコーン TEM による軽元素カラムの可視化

Visualization of light-element atomic columns by hollow-cone illumination TEM

JFCC<sup>1</sup>, 名大エコトピア科学研究所<sup>2</sup>, 名大院工<sup>3</sup>, GREEN<sup>4</sup>

○川崎 忠寛<sup>1,2,4</sup>, 石田 高史<sup>3,4</sup>, 丹司 敬義<sup>2,4</sup>

JFCC<sup>1</sup>, EcoTopia Sci. Inst., Nagoya Univ.<sup>2</sup>, Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ.<sup>3</sup>, GREEN<sup>4</sup>

○Tadahiro Kawasaki<sup>1,2,4</sup>, Takafumi Ishida<sup>3,4</sup>, Takayoshi Tanji<sup>2,4</sup>

E-mail: t\_kawasaki@jfcc.or.jp

電池材料や強誘電体、酸化物など各種機能性材料の動作原理解明や新規材料開発において、Li 原子や O 原子などの結晶内分布や欠陥構造、あるいはその動的挙動を知ることが非常に重要である。収差補正器を搭載した電子顕微鏡 (TEM/STEM) は十分な分解能を有するが、これら軽元素はほぼコントラストを与えず、明瞭な観察は困難であった。この問題を解決する一つの手段が、環状明視野 (ABF) STEM 法である[1]。ただ、この方法は STEM の特性上、動的な観察には不向きであった。そこで本研究では実時間性が高く、信号利用効率も良好なホローコーン照明 (HCI) TEM により、軽元素カラムを可視化する条件を検討した。

図 1 は HCI-TEM 法の模式図である。本方法では、電子線の入射方向を光軸から傾け、さらにそれを高速で回転させる。1 回転中の像を積算することで等方的な結像状態の HCI-TEM 像が得られる。図 2 にシミュレーション結果を示す。試料として SrTiO<sub>3</sub>[110] を想定した。加速電圧 200kV、球面収差係数 0mm、対物絞り径 25mrad、入射ビームの傾斜角度を 11~22mrad として得られた HCI-TEM 像が図 2(b)である。試料厚さ 20、50nm の双方で O カラムが明瞭に観察されている。TEM/STEM の相反定理に基づき、ABF-STEM 像をシミュレートした結果 (図 2(c)) と比較すると、ほぼ同一の像となっており、本手法で ABF-STEM と同等の軽元素可視化が可能であることが確認された。

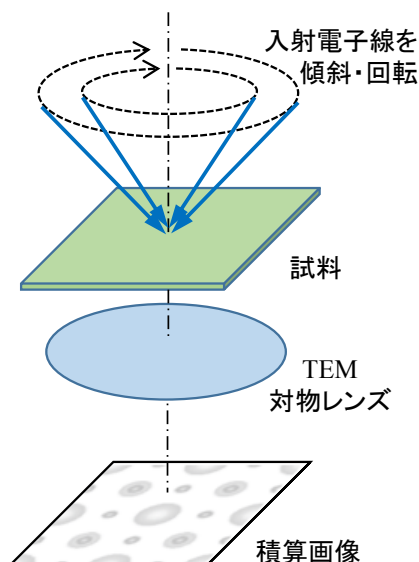


図 1. ホローコーン TEM の模式図

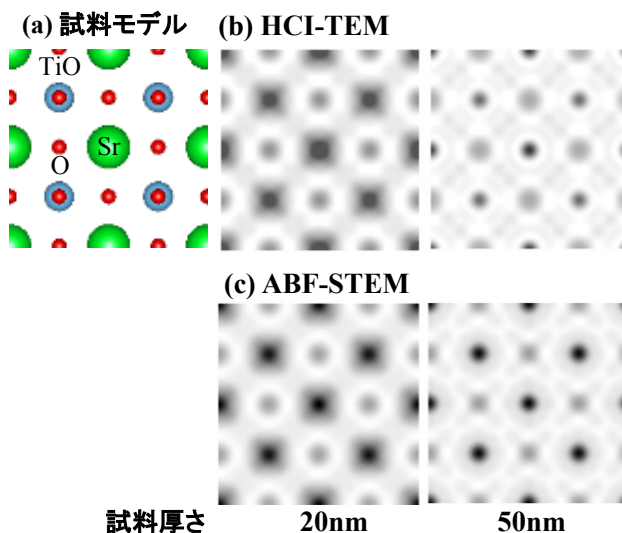


図 2. SrTiO<sub>3</sub> でのシミュレーション結果

### 参考文献

[1] E. Okunishi et al., Microsc. Microanal. 15(suppl2), 164 (2009)