

究極の表面観察

－酸化チタン表面原子の直接観察に成功－

2008年10月24日付け米国科学雑誌「サイエンス」誌上で発表

東京大学大学院工学系研究科 総合研究機構
柴田直哉助教、幾原雄一教授グループ

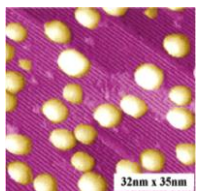
メンバー

東京大学: 後藤明、S.-Y. Choi、溝口照康、S.D. Findlay、山本剛久

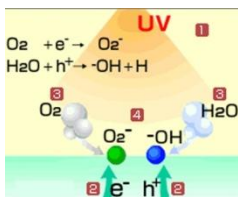
背景

酸化チタン(TiO_2)

➡ 近年、“環境に優しい”機能材料として注目



触媒



光触媒

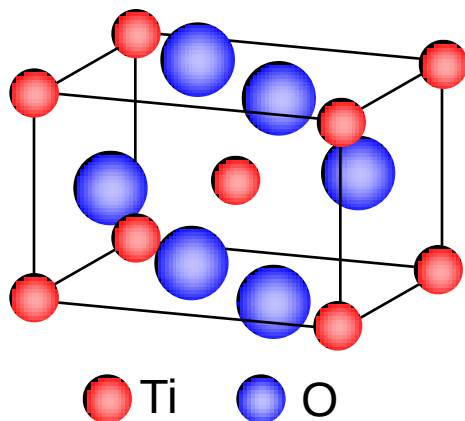


センサー

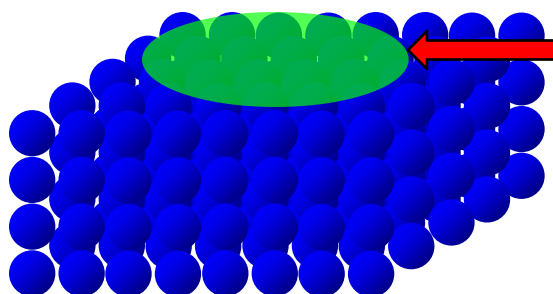
M. Valden, X. Lai and D.W. Goodman, Science (1998)
PIAJ, <http://www.piaj.gr.jp/>, <http://www.k-net.or.jp/~misuzu/>

期待される用途

- ・高機能触媒材料
- ・高性能光触媒
- ・高効率太陽電池
- ・高感度ガスセンサー
- ・半導体デバイス材料
- ・バイオ材料
- ・顔料、塗料 など



酸化チタン(ルチル型)の結晶構造
(チタンと酸素から構成される金属酸化物)



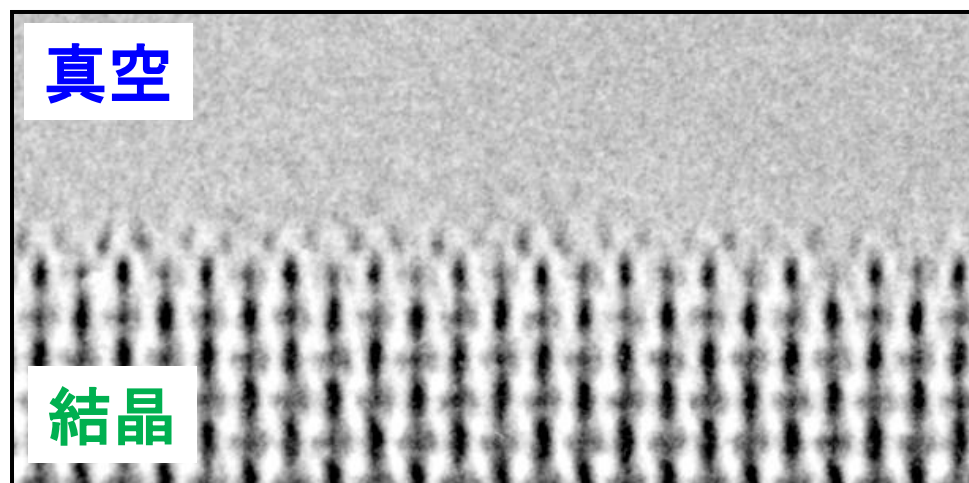
機能発現の起源は
表面での化学反応

結晶表面の原子構造の理解が鍵！

研究成果

本研究の成果

これまで直接観察が困難とされてきた酸化チタン表面を
原子レベルで直接観察し、その構造を解明した。



← 最表面原子

酸化チタン表面原子観察に世界で初めて成功！

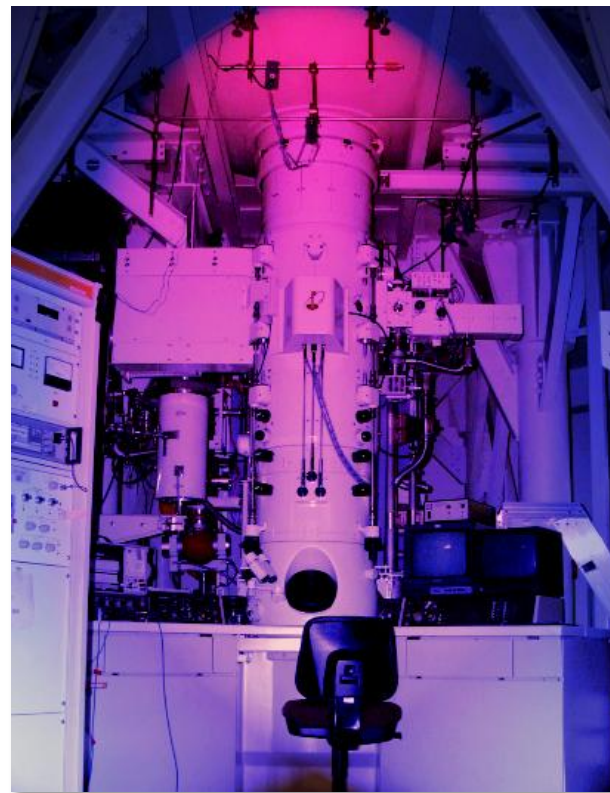
酸化チタン表面現象の本質的理解へ大きなブレークスルー

原子直視型透過電子顕微鏡法



走査透過型電子顕微鏡 (STEM)
分解能 < 1 オングストローム ($\text{\AA}$)

+

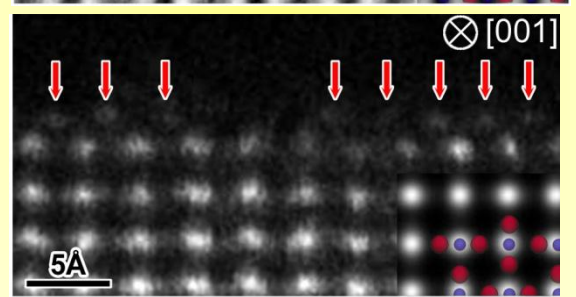
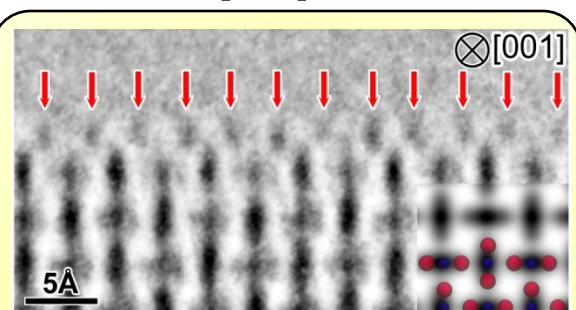
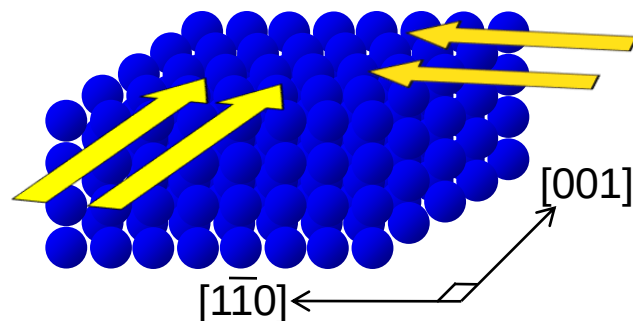


超高压透過型電子顕微鏡 (HVEM)
分解能 $\approx 1 \text{\AA}$

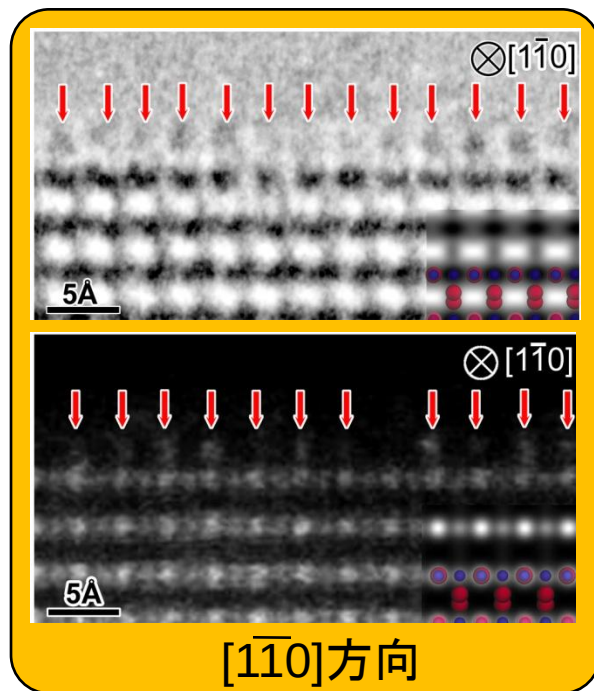
本研究では、この二つの手法の利点を融合！

酸化チタン表面の観察結果

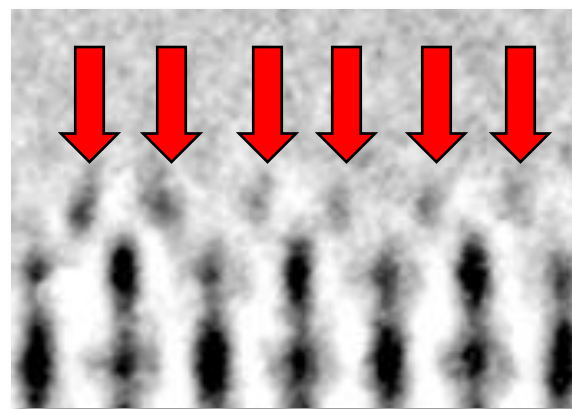
TiO₂ (110)表面



[001]方向



赤い矢印が最表面
Ti原子の位置



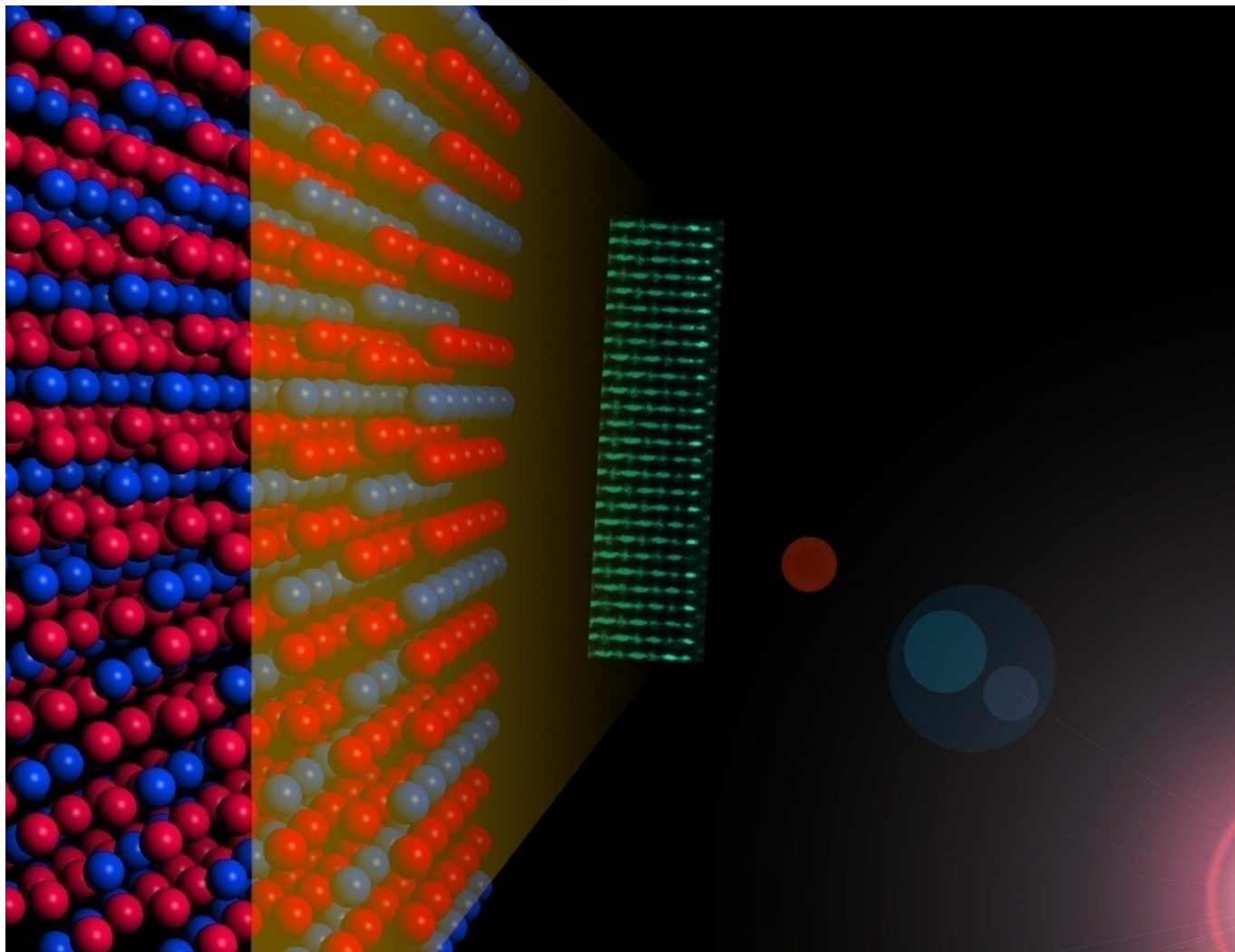
表面に平行な2方向からの観察により、表面原子の3次元位置決定に初めて成功！

➡ 酸化チタン表面の機能制御へ新たな展開

本研究の意義、波及効果

1. TiO_2 表面原子構造の直接観察に世界で初めて成功した。
 - 表面科学のブレークスルー
 - 酸化物表面解析に新たな道
2. 表面原子が結晶内部とは異なる位置に存在し、特異な構造を形成することが明らかとなった。
 - TiO_2 表面機能発現の本質的理解
 - 表面原子構造制御指針の構築
3. 本成果は TiO_2 表面の優れた機能を理解するための基礎を与え、高度な表面制御に基づく高性能機能材料の創出に波及する。
 - 高性能触媒担体 ▪ 高効率光触媒
 - 高感度ガスセンシング材料 ▪ 次世代太陽電池材料

本研究のイメージ図



結晶表面に沿うように電子線を入射し、表面の原子構造を観察する概念図