



電子1個の精度で触媒ナノ粒子の電荷量を計測

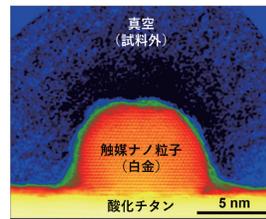
九州大学、日立製作所、明石高専、大阪大学の共同研究グループは、最先端の電子顕微鏡技術と情報科学的手法を融合することで、電子線ホログラフィーの位相計測精度を1桁向上させ、触媒ナノ粒子の電荷量を「電子1個の精度で数える」ことに成功した。

金属ナノ粒子触媒は、排ガス浄化や化成品製造など、産業的に広く利用される重要な材料である。触媒の性能を明らかにするには、化学反応に寄与する触媒ナノ粒子の電荷状態の解明が不可欠となる。この課題に対する新技術として、透過電子顕微鏡法(TEM)の一種であり、物質の電位分布を観察できる「電子線ホログラフィー」が重要視されている。しかし、触媒ナノ粒子が示すごく微弱な電位分布や電荷量を計測するためには、電子線ホログラフィーの位相計測精度を従来よりも1桁高める必要があった。

本研究では、日立製作所の「1.2 MV 原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡」を駆使し

た高分解能・高感度でのホログラム解析を行うとともに、「ウェーブレット隠れマルコフモデル」によるノイズと微弱信号の正確な分離など、新たな情報科学的手法を開発・活用した。これらの基盤技術により電子線ホログラフィーの精度を従来よりも1桁高め、触媒研究に応用した。化学反応に寄与する触媒電位の空間分布を観察することで、酸化チタン(TiO₂)に担持した白金(Pt)ナノ粒子の電荷量を「電子1個の精度で数える」ことに初めて成功した。さらに、触媒ナノ粒子が接界面の素性によって正にも負にも帯電し得ること、電荷量がPtナノ粒子の結晶の歪み具合にも影響を受けることなど、触媒の研究開発にとって重要な知見を得た。これらは、まさにナノ粒子1個1個に対して、結晶の歪み具合と電荷量を同時に解析できる、電子顕微鏡の特性を活かした研究成果である。本研究で実現した高精度の電子線ホログラフィーは、高効率な触媒開発を加速する強力な新技術として期待される。

本研究は、JST-CREST(JPMJCR1664)、科研費(JP18H03845、JP21H04623)の支援により実施され、本研究の成果は「支那」に掲載された。



文献

R. Aso, H. Hojo, Y. Takahashi, T. Akashi, Y. Midoh, F. Ichihashi, H. Nakajima, T. Tamaoka, K. Yubuta, H. Nakanishi, H. Einaga, T. Tanigaki, H. Shinada, Y. Murakami, Science, 378, 202-206 (2022). (DOI : 10.1126/science.abq5868)

九州大学大学院工学研究院

准教授 麻生亮太郎, 教授 村上恭和

連絡先: 〒 819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744

Email: aso.ryotaro.072@m.kyushu-u.ac.jp,

murakami.yasukazu.227@m.kyushu-u.ac.jp

株式会社日立製作所研究開発グループ

主任研究員 谷垣俊明

連絡先: 〒 350-0395 埼玉県比企郡鳩山町赤沼 2520 番地

Email: toshiaki.tanigaki.mv@hitachi.com

[2022年11月30日]

2000°Cに耐える炭素繊維強化超高温セラミックス複合材料の開発に成功

東京理科大学工学部機械工学科の井上遼講師、同大学先進工学部マテリアル創成工学科の新井優太郎助教らの共同研究チームはZr-Ti合金の熔融含浸法によって、2000°Cを超える空力加熱に耐え得るセラミックス基複合材料(CMC)の一種である炭素繊維強化超高温セラミックスを開発した。超高温セラミックス(UHTC)は2000年代から研究が行われ、ZrB₂やHfB₂といったホウ化物中にSiCの粒子を分散した複合材料について、米国NASAや欧州のC³HARMEプロジェクトを中心に研究が進められてきた。これらのホウ化物は融点が3000°Cを超える一方、大気中では容易に酸化することが問題であり、分散されるSiC粒子は表面にSiO₂皮膜を形成し、酸化の進行を防ぐことができる。一方、低酸素分圧になった皮膜直下においてSiCが気体のSiOを生成(アクティブ酸化)することで多孔質化してしま

う。1700°Cを超える空力加熱にさらされると多孔質部分が脱離・剥離し損耗が促進されてしまうことが課題であった。

今回、従来のCMCの製造法である熔融含浸法を利用して、Zr-Ti合金を炭素系材料内部の気孔に含浸するとともに、炭素との反応を利用することによってSiを含まない超高温セラミックスをマトリックスにもつ複合材料の開発に成功した。合金組成によってプロセス温度や耐熱性を制御することも可能である。開発した複合材料のアーケ風洞加熱試験の実施結果は、従来の複合材料を適用するのは難しい2000°Cを超える環境で損耗量を大きく抑制できることを示すものである。本開発は現在進行中であり、さらに高性能な複合材料を創出するための第一歩であるため、革新的な輸送・移動技術である極超音速旅客機を実現するための基盤技術となることが期待される。本研究は、科研費基盤研究B(21H01218)、科研費挑戦的研究(萌芽21K18782)、科研費若手研究(22K14152)の支援を受けて実施された。

文献

T. Koide, T. Marumo, Y. Arai, M. Hasegawa, T. Nishimura, R. Inoue, J. Mater. Sci., 57, 19785-19798 (2022). T. Marumo, N. Koide, Y. Arai, T. Nishimura, M. Hasegawa, R. Inoue, J. Eur. Ceram. Soc., 42(13), 5208-5219 (2022).

東京理科大学工学部機械工学科、講師 井上遼

連絡先 〒 125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1,

E-mail: inoue.ryo@rs.tus.ac.jp

URL: <https://www.inouelab.jp>

東京理科大学先進工学部マテリアル創成工学科、助教 新井優太郎

連絡先 〒 125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1,

E-mail: arai.yutaro@rs.tus.ac.jp

[2022年12月1日]