

陽電子顕微鏡の開発 Development of positron microscope

藤浪真紀・千葉大院工

本研究は、世界唯一となる透過型陽電子顕微鏡を開発し、陽電子と電子の物質透過能や回折図形の違いについて議論することを目的とした。H18年度に KEK 低速陽電子実験施設のビームラインの延長、H19年度には陽電子マイクロビームラインを設置し、H20年度には透過型電子顕微鏡をそのビームラインに接続し、6月には10 nm厚のAu試料において世界初の60倍の透過陽電子像の取得に成功した。その後、初期ビーム強度の向上や輸送系の最適化により3,000倍の像や回折図形を得るまでに至った。H21年度はさらなる高倍率測定として10,000倍の測定、電子と陽電子の透過能の差の測定および回折図形における差異を比較した。今年度は、得られた結果についての解析法の改良と電子・陽電子の差異についてシミュレーションによる考察を主に行った。

様々な単一成分試料における電子と陽電子での透過率の対物絞り径依存性を求めたところ、径が小さい（開き角が小さい）と陽電子の透過率が10%程度増加する結果となった。また、電子顕微鏡の低倍率モードの測定においては、陽電子の透過率が20%程度高い結果であった。これらの結果を説明するために、Monte Carlo シミュレーション（PENELope-2008）を用いて、様々な材料に対する陽電子・電子ビームの試料透過率の散乱角度依存性を調べた。PENELope は陽電子や電子と試料との相互作用において、弾性散乱、非弾性散乱、陽電子消滅、制動放射、2次粒子（電子、光子、陽電子）等の効果を考慮して系を扱うことができる。その結果、散乱角が小さい領域（例えば数十 mrad 以下）では陽電子の方が電子よりも微分散乱強度が大きく、散乱角を大きくすると両者の差は少なくなり、やがて陽電子の微分散乱強度が電子よりも小さくなることがわかった。また、積分強度は、陽電子の方が電子よりも大きく、Z が大きいほどこの差も大きいことも示された。以上の結果から、開き角が小さい場合には電子の散乱強度が高い部分が対物レンズ絞りにより除去されるため、陽電子の透過率が高い傾向になることを説明できた。