

# 電子加速器と放射線計測



## 豊川弘之

とよかわひろゆき  
h.toyokawa@aist.go.jp  
産業技術総合研究所  
計量標準総合センター  
分析計測標準研究部門  
放射線イメージング計測研究  
グループ  
研究グループ長

## プロフィール

名古屋大学大学院工学研究科  
博士課程後期課程修了  
1997年 博士(工)  
同年 電子技術総合研究所入  
所  
2010年 計測フロンティア研  
究部門  
2015年より現職

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 計量標準総合センター 分析計測標準研究部門 放射線イメージング計測研究グループでは、電子加速器と放射線計測およびイメージング計測をコア技術とした研究を行っている。本稿ではそのうち幾つかの研究を紹介する。具体的にはレーザーコンプトン散乱ガンマ線ビームを用いた非破壊検査や原子核物理学に関する研究、電子銃のカソード材料開発に関する研究、電子加速器を用いて発生する高強度テラヘルツ波の研究、ガンマ線の光渦に関する研究などについて簡潔に述べる。

## 1. はじめに

電子加速器を用いた量子ビーム生成、および量子ビーム・放射光を用いた放射線計測に関する研究を紹介する。最先端の計測技術開発には最先端の光源が必要である。そこで当グループでは全国の加速器施設：高エネルギー加速器研究機構のフォトンファクトリー、茨城県東海村の J-PARC、千葉県千葉市にある量研の HIMAC、愛知県岡崎市にある自然科学研究機構 分子科学研究所の UVSOR-III、兵庫県佐用郡にある SPring-8 および X 線自由電子レーザー施設 SACLA、量研関西研の超短パルス高強度レーザー J-KAREN、佐賀県鳥栖市にある SAGA-LS などを利用している。また、京都大学エネルギー理工学研究所、京都大学複合原子力科学研究所、日本大学等、大学の加速器施設も良く利用している。

## 2. 電子加速器の応用研究

古い話だが、当グループの母体は通信省電気試験所に遡る。電気試験所の一部が 1970 年ころに通産省電子技術総合研究所（電総研）となり、1980 年前後に東京都田無市（現在の西東京市）から筑波へ移転した。移転に合わせて、直線電子加速器と放射光リングから成る電子加速器施設を導入することになり、電子加速器ハードウェアを研究する者と加速器利用・放射光ユーザーから成る研究ユニットを立ち上げた。

電子加速器ハードウェアを研究する者は所内の装置を使った研究や装置の改良を行い、放射光ユーザーは所内の放射光リングや、国内外の放射光施設を利用した基礎物理学研究、放射線計測技術、および標準光源の研究などを行いつつ、互いに連携して研究ユニットを支えていた。

電総研の小型放射光リングでは可視から軟 X 線領域の放射光が利用できたので [1]、紫外線や軟 X 線領域の検出器校正 [2] や、気体の電離に関する研究 [3] 等が行われていた。当時は、現在の NMIJ 分析計測標

準研究部門の放射線 4 グループと物理計測標準研究部門の光放射標準研究の一部の研究者が在籍していた。

電総研小型放射光リングでは、ガラス窓を通して放射光リング内の電子ビームにレーザーを照射し、超高真空中を周回する電子群にレーザーの電磁場を介して摂動を与え、ガンマ線領域の高輝度光子（レーザーコンプトンガンマ線）ビームを発生する“レーザーコンプトン散乱”（図 1）に関する研究が行われていた [4]。研究初期は、ガンマ線ビーム発生手法に係る理論の検証とガンマ線の実測、および原子核物理学研究への応用が行われた [5]。その後、レーザーコンプトンガンマ線を用いたラジオグラフィやコンピュータド・トモグラフィ（CT）撮影技術に関する研究が行われ [6]、輸送機器やエネルギー産業で利用する大型構造物や鋳物製品内部の可視化による非破壊検査技術の開発などが行われた。

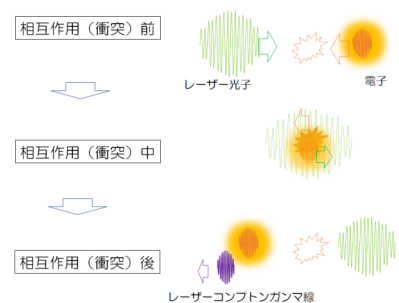


図 1 レーザーコンプトン散乱の模式図

高エネルギー光子ビームを物質に照射すると、原子あるいは原子核と光子が様々な相互作用をする。本稿では、電子・陽電子対生成反応を材料のその場分析に応用した研究、および原子核反応を非破壊検査に応用した研究を紹介する。

前者は光子誘起陽電子分析法と我々が呼んでいる方法であり [7, 8]、実材料中の原子空孔を非破壊非接触且つその場で測