

차세대 감마선 이미징: 컴프턴 카메라

중앙대학교 물리학과
이 춘 식

컴프턴 산란현상의 기하학적 해석을 통해 감마선원의 위치에 대한 정보를 획득하는 '전기적 집속' 원리는 1973년 Schonfelder 등에 의해서 감마선 우주망원경의 기본 원리로 처음 제안된 후, 그 이듬해에 Todd 등에 의해서 실험실 규모의 감마선 영상장치로서 컴프턴 카메라(Compton camera)의 원리가 제안되었다. 기존의 감마선 카메라와는 달리 '기계적 집속'에 의존하지 않는다는 점과 스캐닝 또는 카메라를 어레이형으로 배열하지 않고도 감마선원의 3차원적 영상을 얻을 수 있다. 컴프턴 카메라가 기존의 감마선 카메라와 차별화되는 가장 큰 특징은 기계적 집속에 의존하지 않으므로 영상감도와 해상도 간에 상호대립이 없다는 점과 감마선의 에너지를 구별해 내고 고유 에너지마다 해당 감마선원의 영상을 얻을 수 있는 멀티트레이서(Multitracer) 기능을 보유한다는 점이다. 기계적 집속원리를 이용하는 기존의 감마선 카메라의 경우, 영상감도와 해상도가 집속기의 크기에 대한 상호 대립적 의존성을 지니기 때문에 영상의 질에 불가피한 한계가 주어지게 된다. 그러나 컴프턴 카메라의 경우에는 영상감도가 컴프턴 산란이 발생하는 산란부 검출기에서의 컴프턴 산란확률과 흡수부 검출기에서의 감마선 완전 흡수율에 의존하는 반면, 영상해상도는 산란부 검출기와 흡수부 검출기에서의 감마선 에너지 및 반응위치 불확정도, 그리고 두 검출기의 기하학적 배치에 의존하기 때문에 영상감도와 해상도는 서로 독립적으로 결정된다. 그러므로 감마선 영상의 용도에 따라 영상감도 및 해상도를 적절히 조절할 수 있는 기기 설계 및 제작이 가능하다.

컴프턴 카메라가 보유하고 있는 이러한 장점에도 불구하고 지난 30년간 큰 발전을 이루지 못하고 있다가 90년대 중반부터 에너지 분해능이 우수한 반도체에 기반한 위치민감형(Position-sensitive) 감마선 검출기가 출현함으로써 검출기 내에서의 컴프턴 산란 및 광전효과 흡수 위치 등 감마선 반응 위치에 대한 3차원 위치 계측이 가능하게 되어 컴프턴 카메라에 대한 본격적인 기초연구가 활기를 띠기 시작했다. 하지만 컴프턴 카메라의 핵심기술인 감마선 반응위치 결정에 있어서의 부정확성과 영상 재구성기법의 이론이 아직은 원천기술 개발 단계에 머무르고 있다. 감마선 반응 위치의 정확도를 향상시키기 위한 신호파형분석과 감마선 궤적계측(Gamma-ray tracking)기술과 영상재구성의 현황을 보고하고자 한다. 현재 과학기술부 지정 중앙대 원자력기초공동연구소에서 수행 중인 Proof-of-principle 컴프턴 카메라의 연구개발 현황과 3대의 Double-sided Silicon Strip 검출기와 1대의 Segmented Germanium 검출기로 구성된 Stack형 컴프턴 카메라를 통한 해상도 5mm급 컴프턴 카메라의 실증 연구를 소개하고자 한다.

MEMO